

## ВСТУП

Робототехніка – напрямок розвитку науки й техніки в області механізації й автоматизації ручних операцій.

Застосування маніпуляційних роботів є зараз актуальним буквально для всіх галузей промисловості, для проведення глибоководних робіт і досліджень, для операцій у різноманітних шкідливих або принципово виключних для людини умовах, для проведення гірських і шахтних робіт без участі людини, для дій у відкритому космосі і т.д.

У науці й техніці словом «робот» користуються для позначення нового класу технічних систем, які у своїх діях тією чи іншою мірою відтворюють рухові й інтелектуальні функції людини.

Практична мета створення роботів – передача їм у виробничій і дослідницькій діяльності суспільства таких робіт, які для людини є або трудомісткими (або просто нездійсненними за обмежений час), або важкими, неприємними, монотонними, що не вимагають кваліфікації, шкідливими для здоров'я, небезпечними для життя, а також робіт в так званих екстремальних умовах, які перебувають за межами можливості життєдіяльності людини (глибоко під водою, у відкритому космосі, у загазованих шахтах, в атомних установках і т.д.).

Цей новий клас технічних систем принципово відрізняється від звичайних традиційних засобів механізації й автоматизації тим, що має багатоцільове призначення, легко перебудовується на виконання найрізноманітніших трудових операцій та інтелектуальних дій, у тому числі в мінливій і непередбаченій обстановці.

Робототехніка не є вдосконаленням якого-небудь виду старої техніки. Це принципово новий щабель механізації й автоматизації різних фізичних і розумових робіт. Робототехніка дає людині нові, ні з чим не порівняні можливості здійснювати виконання таких операцій, які неможливо здійснити ніякими іншими нині існуючими технічними засобами.

## Основні поняття й визначення

Промисловий робот – це машина-автомат, що складається з виконавчого механізму-маніпулятора й системи управління.

Виконавчий механізм являє собою просторовий механізм із декількома ступенями свободи й оснащений керованим приводом. Рухи від приводів передаються ланкам маніпулятора, які називаються **основними**.

Для захвата й утримання об'єктів, маніпулятори оснащені захватними пристроями.

До складу маніпулятора входять:

- 1 – основний механізм;
- 2 – передавальний механізм;
- 3 – механізми захватних пристроїв;
- 4 – механізми зрівноважування;
- 5 – механізм розвідки рухів.

**Основний механізм** містить несучі ланки й може бути схематично представлений як незамкнутий просторовий механізм із декількома ступенями свободи.

**Передавальні механізми** в маніпуляторах призначені для передачі руху від двигуна до основних ланок. У якості передатних пристроїв використовуються різні механізми: важільні, зубчасті, гвинтові, зубчасто-ремінні. Ступінь складності передавального механізму залежить від розташування двигуна. Якщо двигун розташований на ланці, сусідній від ланки, до якої передається рух, то передавальний механізм є більш простим по конструкції. Однак, двигун у цьому випадку розташований на рухливій ланці й переміщається разом з маніпулятором.

Якщо двигун розташований на підставі, то конструкція механізму сильно ускладнюється.

### **Закони робототехніки**

1. Робот не повинен завдавати шкоди людині.
2. Робот повинен виконувати наказ, що віддається людьми, якщо це не суперечить першому закону.
3. Робот повинен захищати своє існування за винятком тих випадків, які можуть привести до порушення першого й другого законів.

**1954 рік** - уперше в США з'являється сучасне поняття ***промисловий робот***.

Причини використання:

- 1 – Технічна ефективність і економічність;
- 2 – Здатність до безперервної роботи протягом 24 години на добу.

Термінологія по розглянутій темі визначена ДЕРЖСТАНДАРТ 25685-83 і ДЕРЖСТАНДАРТ 25686-89 «Роботи промислові. Терміни й визначення. Класифікація».

## Основні вимоги

Вимоги, які пред'являються до виконавчих механізмів промислових роботів:

1. Забезпечення заданої точності й швидкодії при підвищенні відносної вантажопідйомності, а саме відношення маси вантажу, що переноситься, до маси робота.

2. При проектуванні й виборі передавальних механізмів важливим завданням є одержання високої точності, навантажувальної здатності й малих габаритів. Для взаємодії з об'єктами, маніпулятори забезпечуються захватними пристроями. Найпоширеніші механізми захватного пристрою: важільні, кулачні, шарнірні, зубчасті, черв'ячні й гвинтові захватні пристрої.

Механічні захватні пристрої забезпечують захват і затискання двома або декількома ланками механізму.

3. Основні вимоги до них – надійність утримання об'єкта, компактність і незначна вага.

На підставі аналізу технологічних процесів, які можуть бути автоматизовані за допомогою роботів, а також від пристрою управління промислових роботів, їх можна підрозділити на три типи:

1. Промислові роботи, що виконують невеликий набір рухів в одному циклі, з обмеженим числом точок позиціонування, тобто зупинки; при цьому весь робочий цикл короткочасний. У цьому випадку для управління роботом доцільно використовувати **циклові системи управління**.

2. Роботи, що виконують великий набір рухів в одному циклі з більшою кількістю точок позиціонування по кожній координаті, причому цикл може бути тривалим. Контролювати траєкторію руху робочого органа між точками позиціонування немає необхідності. Для цього типу роботів застосовуються **позиційні системи управління**.

3. Роботи, виконавчі органи яких переміщуються по заданій криволінійній траєкторії з певною швидкістю. Для таких роботів застосовуються контурні системи управління, тобто системи із замкненими зворотними зв'язками.

При проектуванні роботів необхідно враховувати ряд вимог:

- вимоги першої групи відносяться до кінематики механізму;
- вимоги другої групи відносяться до динаміки механізму, його габаритів;
- вимоги третьої групи відносяться до надійності й довговічності роботи;
- вимоги четвертої групи відносяться до енергетичних характеристик механізму.

## Класифікація промислових роботів

Промислові роботи класифікуються по наступних характеристиках: спеціалізація; вантажопідйомність; число ступенів рухливості; можливість пересування; вид системи координат; вид привода; вид системи керування; спосіб установки на робочому місці; спосіб програмування.

По спеціалізації підрозділяють: спеціальні, спеціалізовані, універсальні.

По вантажопідйомності: надлегкі ( до 1 кг); легкі ( понад 1 кг і до 10 кг); середні ( до 200 кг); важкі ( до 1000 кг); надважкі (більше 1000 кг).

По способу пересування: стаціонарні; рухливі.

По способу установки на робочому місці: стаціонарні; вбудовані; рухливі.

По виду системи координат: у прямокутній декартовій системі координат; циліндричній; сферичній; кутовій.

По виду привода: електромеханічний привід; гідравлічний привід; пневматичний привід; комбінований привід.

По виду систем управління: з позиційним управлінням; цикловим; контурним.

По способу програмування: із програмованим навчанням; програмні аналітичні.

Для позначення моделі промислових роботів прийнята наступна система буквеній цифрової індикації:

По виду устаткування:

**М** – маніпулятор;

**КМ** – маніпулятор для ковальського пресованого устаткування;

**ЛМ** – ливарне виробництво.

По виду систем управління:

**Ц** – циклова позиційна система з обмеженим числом точок позиціонування (зупинок);

**П** – позиційна (цифрова) система управління.

**ДО** – контурна система управління;

**У** – універсальна система управління.

**Компонувальна система** промислового робота позначається двозначним числом: (00, 01, ... , 99).

**Конструктивне виконання** позначається також: (00, 01, ... , 99).

**Вантажопідйомність** позначається числом, кг.

Для промислових роботів агрегатно-модульного виконання після букви «М» додається буква «А».

Наприклад: ПРМА 40П 81.01 – Промисловий маніпулятор агрегатно-модульного виконання, вантажопідйомністю 40 кг, компоновальна схема 81, конструктивне виконання 01.

## **Характеристики маніпуляторів, промислових роботів і автооператорів.**

### **Терміни й визначення**

**1. Номінальна вантажопідйомність** – найбільше значення маси предметів виробництва, або технологічного оснащення, включаючи масу захватного пристрою, при якій гарантується їхнє утримання й забезпечення встановлених значень експлуатаційних характеристик.

**2. Робочий простір** – простір, у якому може перебувати виконавчий пристрій при роботі маніпулятора або промислового робота.

**3. Робоча зона** – простір, у якому може перебувати робочий орган при функціонуванні маніпулятора, промислового робота і т.д.

**4. Зона обслуговування** – простір, у якому робочий орган виконує свої функції.

**5. Число ступенів рухливості** – промислові роботи підрозділяють: з 2-ма, з 3-ма, з 4-ма ступенями рухливості й більше.

**6. Швидкість переміщення** – в [м/с].

**7. Погрішність позиціонування робочого органа** – відхилення робочого органа від заданої величини, управляючої програми.

**8. Погрішність траєкторії робочого органа** – відхилення траєкторії від заданої управляючою програмою.

### **Маніпулятори промислових роботів**

Маніпулятори промислових роботів призначені для переміщення робочого органа або предмета, що перебуває в ньому, з одного положення в інше, у межах зони обслуговування, по довільній або заздалегідь заданій траєкторії з необхідною точністю.

Сукупність рухів робота може бути представлена у вигляді *глобальних* (міжопераційних), *регіональних* (внутрішньо-операційних) і *локальних* рухів.

**Глобальні рухи** промислового робота – рух об'єкта до об'єкта.

**Регіональні рухи** – виконання роботи органами стаціонарної роботи в межах його зони обслуговування.

**Локальні рухи** – рух робочого органа при виконанні технологічних операцій і при рухах, що орієнтують.

Залежно від виду використаних у маніпуляторах кінематичних пар забезпечується поступальний, обертальний і комбінований рух. У маніпуляторах, що працюють у **прямокутній декартовій системі координат**, траєкторія переміщення робочого органа забезпечується за рахунок сукупності лінійних переміщень по координатах X, Y, Z.

Загальне переміщення з однієї крапки в іншу визначається по формулі:

$$P_1P_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

З великого різноманіття компоновань можна виділити 6 основних компоновань маніпуляторів.

1. **Сферичне**, при якому, як правило, пристрій управління об'єднаний з корпусом маніпулятора.

2. **Циліндричне**, яке найбільше часто зустрічається в легких і середніх промислових роботах.

3. **Важільне**, яке найбільш часто використовується в останніх конструкціях роботів.

4. **Прямокутне**, відрізняється високим ступенем жорсткості й точності. Застосовується для зварювальних промислових роботів.

5. **Горизонтально-плечове** відрізняється підвищеною жорсткістю у вертикальній площині.

6. **Портальне** – найбільш часто використовується для обслуговування металорізальних верстатів.

### Особливості програмування

Тип компоновання маніпулятора не позначається на програмному забезпеченні. У тому випадку, коли пред'являються особливі вимоги до переміщення робочого органа уздовж усієї траєкторії, перевагу слід віддавати прямокутному компонованню.

### Можливість агрегаткування

Створення промислових роботів агрегатної конструкції значно спрощується при використанні прямокутного й порталного компоновання. Ускладнюється при інших компонованнях.

### **Займана площа**

Зіставлення різних типів маніпуляторів говорить про те, що менша займана похідна площа потрібна для важільного, циліндричного й порталного компоновання. А найбільша площа за інших рівних умов потрібна для прямокутного компоновання.

### **Зона обслуговування**

Зона обслуговування для різних компоновань різна.

***Сферичне компоновання*** забезпечує зону обслуговування у вигляді усіченого або повного тора.

***Циліндричне компоновання*** забезпечує зону обслуговування у вигляді усіченого або повного циліндра.

***Прямокутне*** – у вигляді паралелепіпеда.

***Важільно-плечове*** забезпечує зону обслуговування у вигляді усіченого циліндра.

***Портальне*** забезпечує зону обслуговування у вигляді усіченого циліндра з горизонтальною віссю.

***Антропо-морфне*** – забезпечує обсяг зони обслуговування обмежену двома сферами, що мають загальний центр.

### **Типові кінематичні схеми 2-х важільних маніпуляторів**

У якості привода використовують електродвигун із вбудованим редуктором або гідропривід.

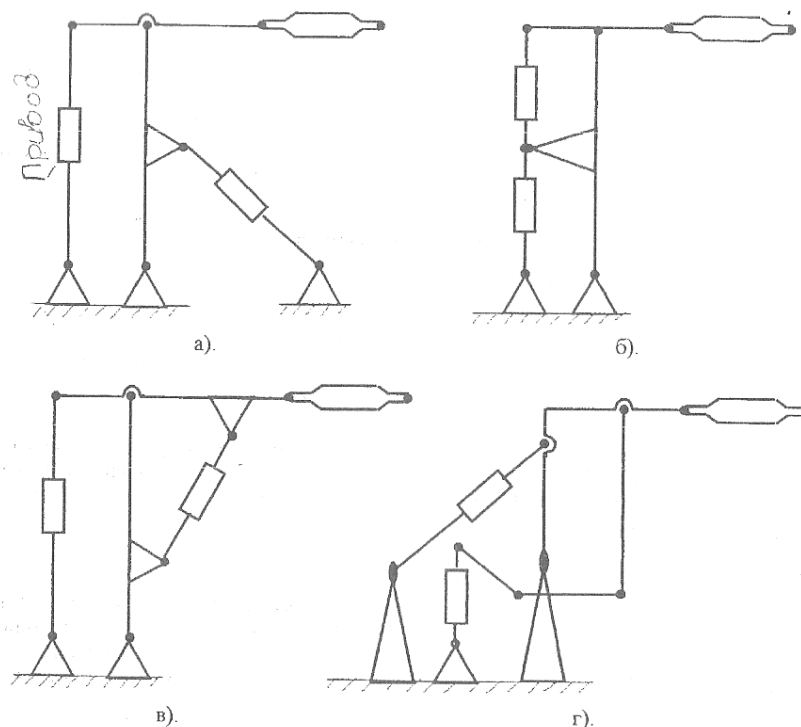


Рисунок 1 – Типові кінематичні схеми 2-х важільних маніпуляторів

На рис. 1 а) – зображена типова кінематична схема 2-х важільного маніпулятора із приводом, розташованим по обидві сторони першого важеля.

На рис. 1 б) – зображена типова кінематична схема 2-х важільного маніпулятора із приводом, розташованим з однієї сторони важеля.

На рис. 1 в) – зображена типова кінематична схема 2-х важільного маніпулятора із приводом, розташованим по трикутнику.

На рис. 1 г) зображена типова кінематична схема 2-х важільного маніпулятора із приводом, винесеним на одну сторону.

### Робочі органи промислових роботів

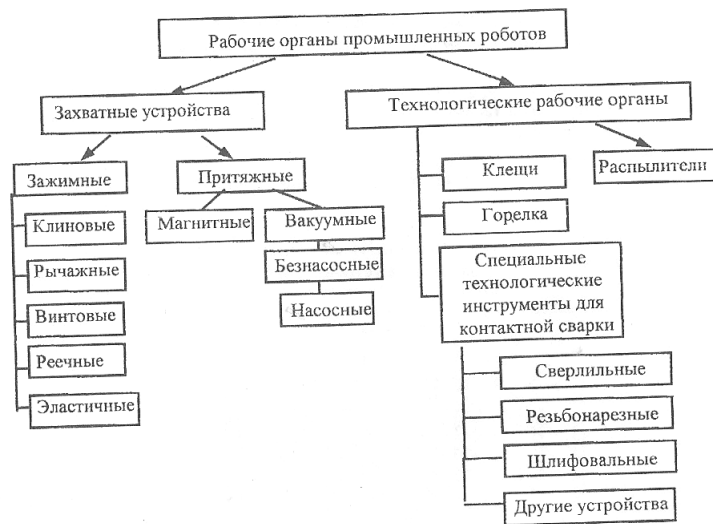
До робочих органів промислових роботів відносяться захватні пристрої (ЗУ), які призначені для взяття й утримання виробу. До захватних пристроїв пред'являються спеціальні вимоги, пов'язані з конкретними умовами роботи.

До обов'язкових вимог захватних пристроїв відносяться:

1. Надійність захвата й утримання об'єкта.
2. Стабільність базування.
3. Неприпустимість ушкодження або руйнування об'єктів захвата.

До захватних пристроїв, що працюють в умовах серійного виробництва пред'являються наступні вимоги:

1. Можливість захвату й базування деталі в широкому діапазоні їх мас, розмірів і форм.
2. Можливість захвату близько розташованих деталей.
3. Легкість і швидкість захвату.
4. Автоматична зміна зусилля захвату, при зміні маси деталі.



Малюнок – Класифікація робочих органів промислових роботів

### Розрахунки захватного пристрою промислових роботів

По характеру кріплення до руки маніпулятора захватні пристрої діляться на:

1. **Незмінювані** – це ті, які є невід’ємною частиною конструкції;
2. **Змінні**, являють собою самостійні вузли з базовими поверхнями для кріплення, які у свою чергу діляться на:
  - 2.1. **швидкозмінні** – такі, для зміни яких затрачається мінімальний час простою технологічного устаткування, що практично не впливає на зміну продуктивності технологічної лінії в цілому;
  - 2.2. **автоматично змінні** – що дозволяють здійснити автоматичну заміну захватного пристрою.

**По характеру управління захватні пристрої діляться на:**

1. **Некеровані** захватні пристрої з постійними магнітами або вакуумними присосками без примусового розрядження таким захватним пристроєм для зняття об'єкта потрібно набагато більше зусилля, чому на удержание.

2. **Командні** захватні пристрої, які виконують рух по команді на захват або відпускання об'єкта (пристрій із пружинним приводом, оснащеним стопорним механізмом).

3. **Жорсткопрограмовані** захватні пристрої, які управляються числовою системою управління промислового робота. Такі захватні пристрої дозволяють змінювати зусилля утримання й взаємне розташування робочих елементів по програмі промислового робота.

4. **Адаптивні захватні пристрої** - це програмувальні пристрої, оснащені різними датчиками зовнішніх даних, таких як розміри об'єкта, маса, зусилля затискача.

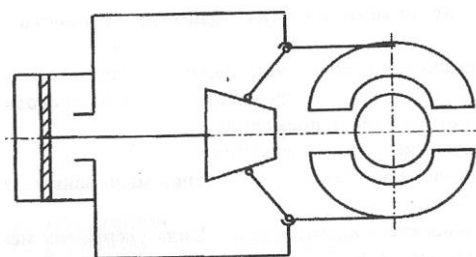
Захватні пристрої, згідно класифікації робочих органів промислових роботів (мал.) умовно можна розділити на дві групи:

1 - затискні;

2 - притяжні.

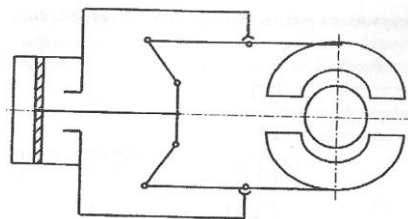
Затискні захватні пристрої утримують деталь завдяки кінематичному впливу робочих елементів за допомогою сил тертя або замикаючих зусиль. Затискні захватні пристрої у свою чергу підрозділяються на:

Клинові



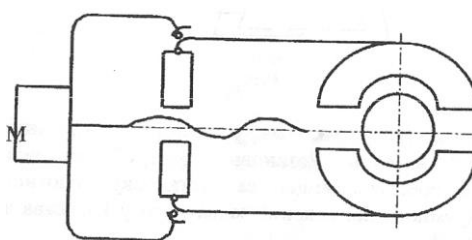
Малюнок 4.2 – Клиновий захватний пристрій

Важільні



Малюнок 4.3 – Важільний захватний пристрій

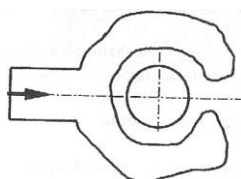
Гвинтові



Малюнок 4.4 – Гвинтовий захватний пристрій

Еластичні

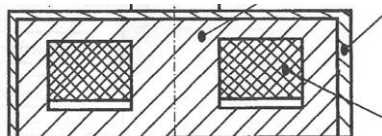
повітря



Малюнок 4.5 – Еластичний захватний пристрій

Притяжні захватні пристрої забезпечують силовий вплив на деталь завдяки використанню різних фізичних принципів. Які у свою чергу діляться на магнітні й вакуумні.

### **Притяжні електромагнітні захватні пристрої**



2

1-корпус, 2-катушка, 3-сердечник з електротехнічної сталі

Рис 4.6 – електромагнітний притяжний захватний пристрій

Притяжні магнітні захватні пристрої призначені для утримання магнітних матеріалів. Вони мають ряд переваг:

- 1 Нескладні при конструюванні й виготовленні.
- 2 Не вимагають спеціальних приводів.
- 3 Дозволяють брати листовий матеріал зі стопки.

Зусилля захвата визначається по формулі:

$$F_1 = 0,5(I \cdot N)^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta^2} \text{ — для постійного струму;}$$

$$F_2 = 0,25(I \cdot N)^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta^2} \text{ — для змінного струму;}$$

де  $I$  – сила струму, А;

$N$  – число витків катушки електромагніту;

$\mu_0$  – магнітна постійна повітря,  $\mu_0 \approx 1$  Гн/м; (*Генрі на метр — абсолютна магнітна проникність речовини, у якій при напруженості магнітного поля в один ампер на метр магнітна індукція рівна одному теслу.*)

$S$  – площа робочого зазору, див<sup>2</sup> – умовно ухвалюється рівною площі ел.магніту;

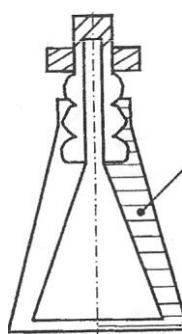
$\delta$  – робочий зазор, мм.

### Вакуумні притяжні захватні пристрої

Вакуумні притяжні захватні пристрої призначені для утримання тендітних і скляних виробів. Гумовий розтруб приєднується за допомогою шарнірного з'єднання, що забезпечує самоустановку й щільне прилягання розтруба до виробу. Зусилля вакуумного притягання захватного пристрою залежить від площі  $S$  розтруба й розрядження  $P$

$$F = S \cdot P = (\pi D^2 / 4) \cdot P$$

$P$



Гумовий розтруб

Малюнок 4.7 – Вакуумний притяжний захватний пристрій

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика електромагнітних і вакуумних захватних пристроїв

| Електромагнітні ЗУ                                                                                                        | Вакуумні ЗУ                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| - Придатні тільки для матеріалів, що намагнічуються                                                                       | ± Придатні тільки для плоских і рівних поверхонь для всіх матеріалів |
| + Можлива більша сила притягання на одиницю поверхні                                                                      | - забезпечують обмежену силу притягання для даної площі              |
| + Висока точність базування завдяки твердості сердечника                                                                  | - знижена точність базування через еластичність присосків            |
| - Супроводжує залишковий магнетизм, що викликає небезпеку забруднення й ушкодження поверхонь деталі й захватного пристрою | - Необхідна відсутність часток між присосками й поверхнею деталі     |
| + Швидкість захоплення деталі                                                                                             | - Потрібно якийсь час для створення необхідного вакууму              |
| + Простота конструкції: котушки й сердечники можуть бути легко                                                            | - Конструкція більш складна: необхідна герметичність з'єднань,       |

|                                                    |                                      |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| виготовлені споживачем                             | потрібні присоски й трубопроводи     |
| ± Котушки нагріваються, але конструкція довговічна | - Строк роботи конструкції обмежений |

### Розрахунки механічних захватних пристроїв

Розрахунки механічних захватних пристроїв містять у собі визначення зусиль у місцях контакту деталей і губок, визначення зусиль привода, розрахунки деталей на міцність, перевірку на відсутність ушкоджень.

Розрізняють наступні схеми утримання:

1. Деталь утримується губками (сила тертя мало впливає на механізм утримання об'єкта).

2. Деталь утримується силами тертя. Сила утримання механічних захватних пристроїв повинна відповідати одному зі значень нормальних лінійних розмірів значень ряду Ra10 у границях 1 – 8000 Н.

Ряд лінійних розмірів: (1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000).

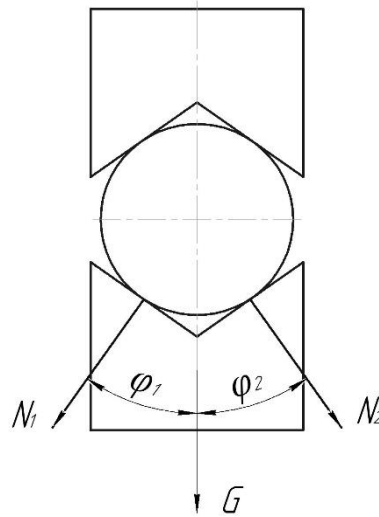
Розрахунки утримуючих зусиль проводяться залежно від схеми утримання й форми ланок. Утримуючі зусилля при безпосередній підтримці деталі (Рис. 4.8) визначають по формулах:

$$N_1 = \frac{G \cdot \sin \varphi_2}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)};$$

$$N_1 = \frac{G \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

де  $\varphi_1, \varphi_2$  – кут контакту деталі;

$G$  – вага об'єкта маніпулювання;



Малюнок 4.8 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль при безпосередній підтримці деталі

Для схеми навантаження (мал.4.9) коли утримуючі зусилля прикладені в  $i$ -ій точці контакту ( $i=1,2,3$ ). Нормальні зусилля й сили тертя визначаються по формулах:

$$N_i = \frac{G \cdot \sin \varphi_i}{\mu(\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2 + \sin \varphi_3)}$$

Сили тертя

$$F_i = \mu N_i$$

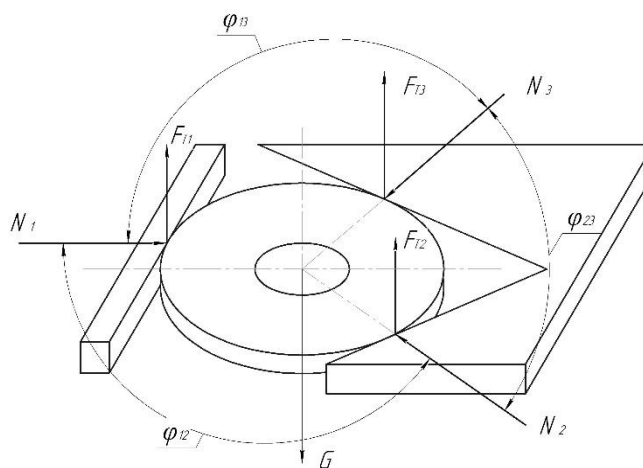
де  $\mu$  – коефіцієнт тертя, для метал-метал  $\mu=0,12-0,35$ ;

$$\varphi_1 = 180^\circ - \varphi_{23}$$

$$\varphi_2 = 180^\circ - \varphi_{13}$$

$$\varphi_3 = 180^\circ - \varphi_{12}$$

де  $\varphi_{12}$ ,  $\varphi_{13}$ ,  $\varphi_{23}$  – кути, відповідно між векторами сил  $N_1$  і  $N_2$ ,  $N_2$  і  $N_3$ ,  $N_1$  і  $N_3$ .



Малюнок 4.9 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль, які прикладені в  $i$ -ій точці контакту ( $i=1,2,3$ )

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт тертя  $\mu$  губок захвата

| Зістиковані поверхні                                                               | $\mu$      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Дерево по гумі                                                                     | 0,8        |
| Сталь по сталі:                                                                    |            |
| для не загорнених губок без зарубки:<br>зі сталі 45-50                             | 0,12-0,15  |
| для загорнених губок з гострою зарубкою з<br>сталі 65Г, 60С2, 48А, В10А при HRC 55 | 0,3 – 0,35 |
| Латунь по сталі                                                                    | 0,12       |
| Скло по гумі                                                                       | 0,6        |
| Дуралюмін по сталі                                                                 | 0,1        |

У випадку, коли використовують плоскі губки (мал.4.10), утримуючі зусилля визначають по формулах:

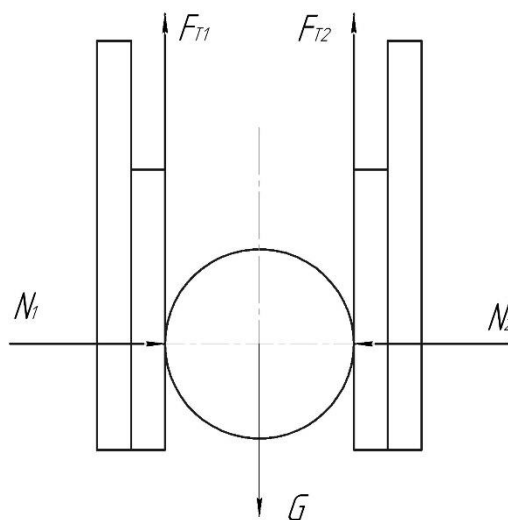
Нормальні зусилля:

$$N_1 = N_2 = \frac{G}{2 \cdot \mu}$$

Сили тертя:

$$F_{T1} = F_{T2} = \mu N_1 = \mu N_2$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя, для метал-метал  $\mu=0,12-0,35$ ;



Малюнок 4.10 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль, при використанні плоских губок.

### Приводи промислових роботів

Приводи промислових роботів у значній мірі визначають динамічні характеристики маніпуляторів:

- прискорення й швидкість переміщення робочого органа, а також точність його позиціонування.

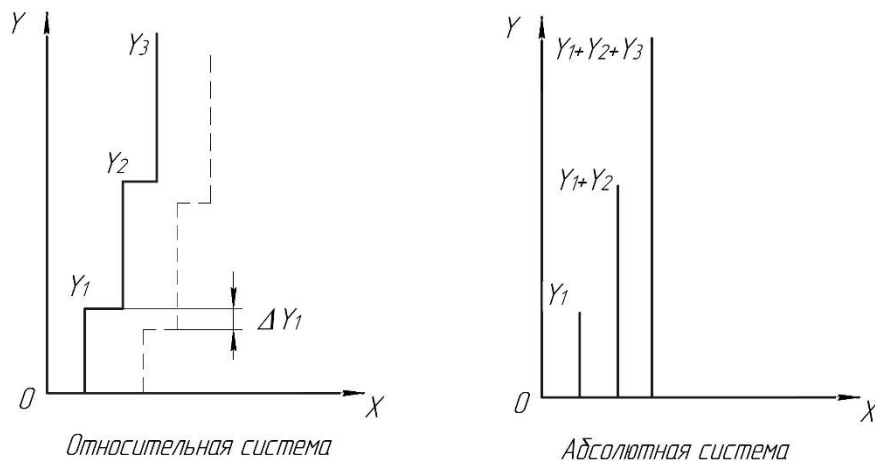
По виду використаної енергії приводи ділять на:

- електроприводи;
- пневматичні;
- гідравлічні;
- комбіновані.

Одним з найважливіших властивостей приводів промислових роботів є система відліку координат.

Існує 2 способи відліку (мал.5.1):

- відносний ( по збільшенню);
- абсолютний.



Малюнок 5.1 – Системи відліку координат приводів промислових роботів

При відносному способі відрізки  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ , пропорційні відрікам імпульсного датчика. Якщо на одній з ділянок виникне помилка переміщення, то вона позначиться й на наступних ділянках.

Відмінність абсолютної системи відліку координат у тому, що датчик утворення зв'язку завжди дає відрік переміщення від початку координат.

До приводів з абсолютною системою відноситься електропривід зі зворотним зв'язком положення робочого органа.

До приводів маніпулятора, що працює у відносній системі координат, відноситься кроковий привід.

При виборі типу привода необхідно враховувати:

1. Характер навантаження на маніпулятор;
2. Кінематичну схему маніпулятора;
3. Число точок і точність позиціонування;
4. Умови експлуатації з урахуванням характеристик навколишнього середовища.

### **Застосування приводів промислових роботів**

Застосування обумовлене рядом вимог і умов:

1. Велика кількість точок позиціонування;
2. Значні динамічні навантаження, у яких переважають інерційні зусилля;
3. Необхідність роботи приводів у тривалому загальмованому стані;
4. Особливе значення має точність позиціонування по координатах;
5. Пред'являються жорсткі вимоги по міні габаритам та масі;
6. Особливі вимоги до високої надійності й безвідмовності в роботі.

## Пневматичний привід промислових роботів

Основні переваги:

1. Простота й надійність конструкції;
2. Висока швидкість вихідної ланки до 1 м/с для лінійного переміщення й до 60 про/хв для обертового руху.
3. Використання стисненого повітря в якості енергоносія, що забезпечує екологічну чистоту роботи приводів;
4. Можливість використання цехової пневмосистеми з тиском до 0,4 – 0,6 мПа;
5. Висока точність позиціонування при роботі із твердим упором.
6. Простота компонування елементів привода;
7. Високий КПД – до 0,8;
8. Низька вартість виготовлення й обслуговування.

Недоліки:

1. Неможливість здійснення принципу програмного управління при роботі без упорів;
2. Нестабільність швидкості вихідної ланки при зміні навантаження;
3. Обмежене число точок позиціонування;
4. Наявність шуму при роботі;
5. Необхідність демпфірування.

Основне поширення одержав пневматичний привід двосторонньої дії з використанням силового циліндра (мал.5.2).

Умова рівноваги:

$$F_{вх} - f_{вх} - s_{вх} - r = 0$$

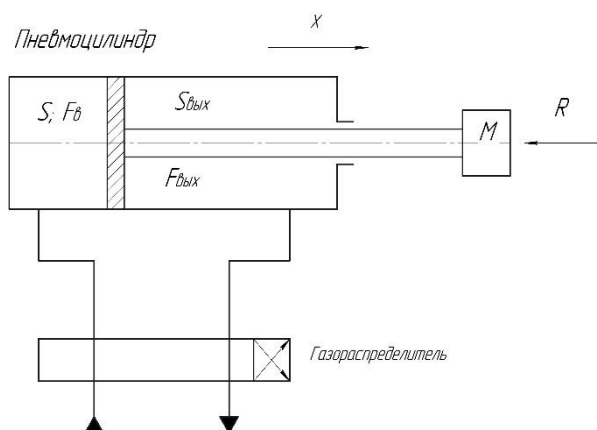


Рисунок - Схема пневмопривода поступательного действия

Схема пневмопривода обертальної дії – самостійно

## Гідравлічний привід промислових роботів

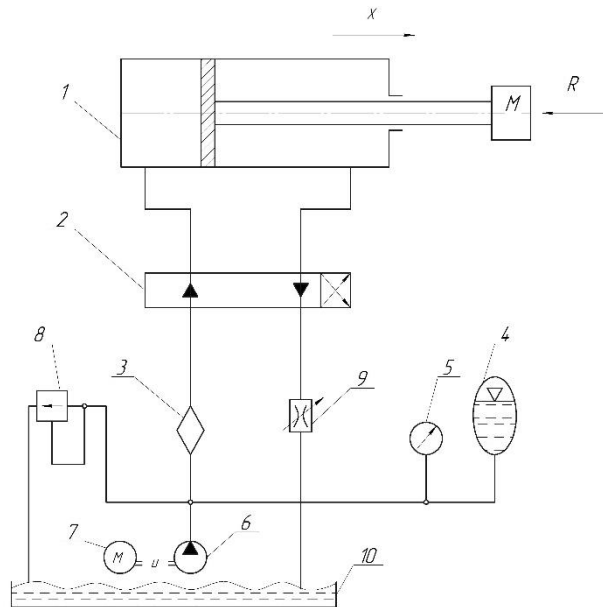
Гідравлічний привід у робототехніці одержав широке поширення завдяки наступним перевагам:

1. Використання, як робочого тіла, нестисливої рідини, що дозволяє одержати управління по заданій програмі, одержати високу стабільну швидкість вихідної ланки при зміні навантаження в широкому діапазоні й високу точність позиціонування;
2. Безступінчастість регулювання швидкості вихідної ланки;
3. Великий коефіцієнт підсилення по потужності й великі передавані зусилля;
4. Відносно мала маса виконавчих пристроїв;
5. Широка номенклатура гідроапаратури.

Недоліки гідравлічних приводів:

1. Використання, як робочого тіла, рідини, вимагає наявності насосно-аккумуляторної станції;
2. Використання, як робочого тіла, рідини на нафтовій основі виключається у вибухонебезпечних середовищах та у вакуумі;
3. Ресурс робочої рідини обмежений, що вимагає заміни всього обсягу рідини й фільтрів. При всіх інших умовах КПД менше, ніж у пневмопривода.
4. Зі зміною температури змінюється швидкість вихідної ланки; Чому?
5. Можливість протікання ущільнювальних пристроїв при експлуатації.

Основним робочим пристроєм гідравлічного приводу є гідроциліндр (мал.5.3). Для вибору гідроциліндра необхідно знати: робочий тиск; швидкість переміщення вихідної ланки, довжину входу й задане навантаження.



1 - гидроцилиндр; 2 - гидрораспределитель; 3 - фильтр; 4 - гидроаккумулятор; 5 - манометр; 6 - насос; 7 - двигатель; 8 - регулируемый предохранительный клапан; 9 - регулируемый дроссель; 10 - масляный бак.

Рисунок - Схема гидравлического привода двустороннего действия с насосно-аккумуляторной станцией

## Розрахунки гідросистеми промислових роботів

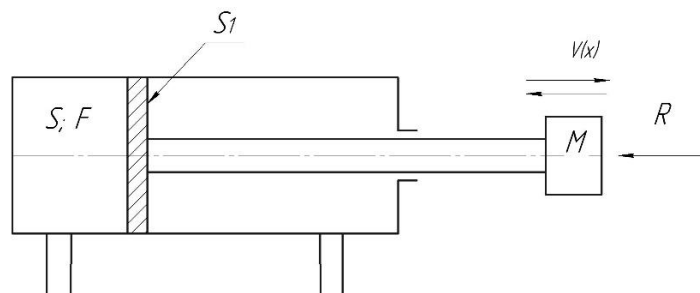


Рисунок - Схема к расчету гидросистемы промышленных роботов

Для передачі виконавчому механізму руху, необхідно створити на поршні силу  $F$ , яка могла б подолати суму корисних сил і шкідливих опорів. Сила  $F$  повинна бути рівна:

$$F = R + T_n + T_{ш} + T_{п} + T_o + T_{и} = R + \Sigma T$$

де  $R$  – корисний опір;

$T_n$  – сила тертя навантаження, застосована до штока гідроциліндра;

$T_{ш}$  – сила тертя штока в ущільненні;

$T_{\text{п}}$  – сила тертя поршня;

$T_{\text{е}}$  – сила опору у зворотній порожнині гідроциліндра;

$T_{\text{и}}$  – сила інерції.

Знаючи силу  $F$  можна визначити тиск у порожнині циліндра

$$F = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4F}{\pi D^2} = \frac{4(R + \Sigma T)}{\pi D^2}$$

Знаючи робочий тиск у порожнині циліндра, можна визначити тиск у гідросистемі:

$$P_{\text{н}} = p + \Delta p$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{к}} + \Delta p_{\text{г}}$$

де  $\Delta p_{\text{т}}$  – втрати тиску в трубопроводі;

$\Delta p_{\text{к}}$  – втрати тиску в клапанах;

$\Delta p_{\text{г}}$  – втрати тиску в гідророзподільниках.

Для передачі поршню певної швидкості  $V$ , необхідно подати задану кількість рідини:

$$Q = SV$$

Мах. кількість рідини

$$Q_{\text{max}} = Sv_{\text{max}}$$

З урахуванням втрат:

$$Q_{\text{н}} = \frac{S \cdot V_{\text{max}}}{\eta}$$

По знайдених тискові й втратах підбирається тип насосно-акумуляторної станції.

### **Електрогідравлічний кроковий привід промислових роботів**

Відрізняється від відомих тим, що в якості управляючої ланки в ньому використовується кроковий електродвигун, з'єднаний з гідропідсилювачем моментів. У якості такого електродвигуна використовується кроковий двигун ШД. Електрогідравлічний кроковий привід є дискретним і працює за розімкнутою

схемою, тобто: у такому приводі відсутній зворотний зв'язок. Принципова схема електрогідравлічного крокового промислового робота наведена на мал.

### **Електромеханічний привід промислових роботів**

Останнім часом широко застосовуються в електромеханічних приводах промислових роботів високомоментні двигуни постійного струму, асинхронні двигуни із частотним управлінням, силові крокові двигуни й безколекторні двигуни постійного струму

Основні особливості:

1. Розширений діапазон малих моментів ( до 0,05 Н/м);
2. Підвищена частота обертання ( до 1500 м<sup>-1</sup>);
3. Знижена інерційність;
4. Можливість вставити у двигун гальмо й різні датчики.

Переваги:

1. Висока швидкодія;
2. Широкий діапазон регулювання частоти обертання;
3. Рівномірність обертання;
4. Великий крутний момент на максимальній швидкості;
5. Компактна конструкція двигунів;
6. Висока надійність;
7. Висока точність позиціонування;
8. Низький рівень шуму й вібрації;
9. Взаємозамінність електродвигунів;
10. Компактна конструкція перетворювачів і джерел живлення;
11. Зручність підведення електроенергії.

Недоліки:

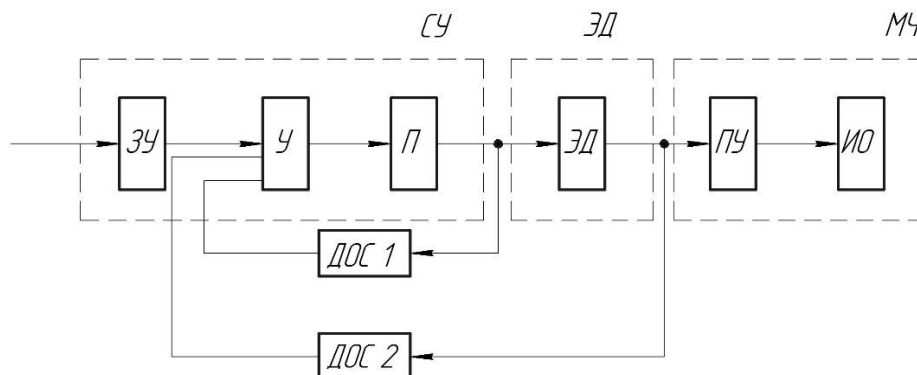
1. Наявність щіток у колекторах двигунів постійного струму;
2. Обмежена можливість застосування у вибухо- і пожежонебезпечних середовищах;
3. Наявність кінематичного ланцюга між електродвигуном і виконавчим органом.

По керованості діляться на:

- некерований, (для приведення в рух робочого органа машини);
- керований, (для приведення в рух робочого органа машини зі змінною швидкістю або з різними значеннями постійної швидкості);
- програмно-керований, (для керування виконавчим органом по заданій програмі);

- слідкуючий (що автоматично відпрацьовує переміщення робочого органа з певною точністю у відповідності довільної зміни сигналом, що задає);
- адаптивний (привід, параметри якого пристосовуються до змінених умов роботи).

Структурну схему електромеханічного привода розглянемо на прикладі замкненої схеми (мал.)

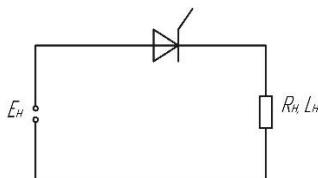


Замкнений електромеханічний привід включає: систему управління (СУ), що складається із пристрою, що задає (ЗУ), підсилювача (У) і перетворювача (П), електродвигуна (ЭД) і механічної частини (МЧ), що полягає з передатного пристрою (ПУ) – редуктора виконавчого органа й датчиків зворотного зв'язку (ДОС 1) і (ДОС 2).

По роду передатного пристрою розрізняють:

- приводи редукторні (рух від двигуна передається виконавчому органу через редуктор);
- приводи безредукторні (рух робочому органу передається від двигуна або безредукторного кінематичного пристрою).

Останнім часом у якості перетворювачів використовують тиристорні джерела (мал.).



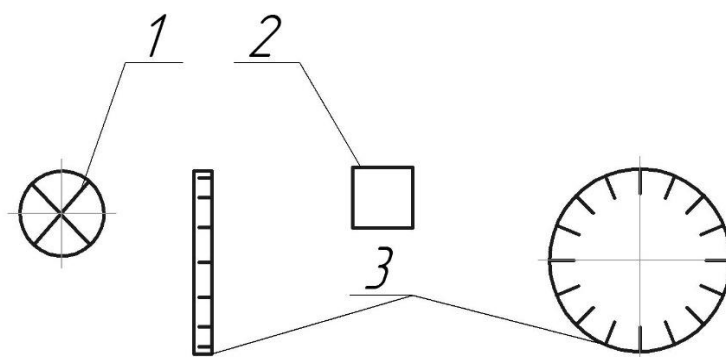
Малюнок – Принципова схема тиристорного джерела

Наявність тиристора дозволяє здійснити регулювання напруги на навантаженні від 0 до  $\max$  значення, залежно від сигналу управління.

У якості датчиків зворотного зв'язку (ДОС) по швидкості використовують тахогенератори, сигнал з яких пропорційний швидкості обертання. Вони встановлюються безпосередньо на валу електродвигуна.

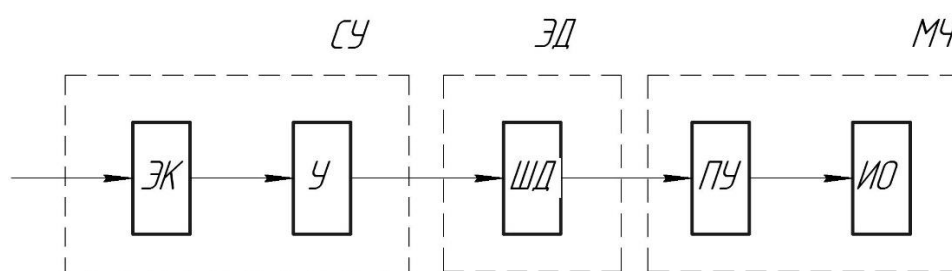
Для датчиків ДОС по положенню використовують датчики 3-х типів:

- аналогові (реакторні, індуктивні, ємнісні);
- кодові;
- імпульсні, які складаються із джерела світла (1), фотоелектричного приймача (2) і диска із прорізами (3).



*Рисунок 5.7 – Упрощенная схема импульсного датчика*

### **Структурна схема розімкнутого електромеханічного привода**



*Рисунок 5.8 – Структурная схема разомкнутого электромеханического двигателя*

Полягає: система управління (електронний комутатор, підсилювач), електродвигун, механічна частина. Датчики ДОС зворотного зв'язку відсутні.

### **Вибір двигуна приводів металургійних маніпуляторів**

Для оцінки механічних властивостей приводів металургійних маніпуляторів використовують механічні характеристики двигуна й виконавчого механізму. Розрізняють два основні режими роботи:

1. Встановлений або статичний, при якому момент двигуна не залежить від часу.
2. Динамічний, при якому момент двигуна не врівноважується моментом опору й тому привід рухається із прискоренням.

Встановлений режим оцінюється за допомогою залежності кутової швидкості від моменту:

$$W = f(M_{\text{ст}}) - \text{механічна характеристика.}$$

Механічна характеристика для двигуна може бути:

1. Абсолютно жорсткою;
2. Відносно жорсткою
3. М'якою.

Першу мають двигуни змінного струму.

Другу мають двигуни постійного струму з незалежним збудженням.

Третю мають двигуни постійного струму з послідовно включеною обмоткою збудження.

### Графіки механічних характеристик

Малюнок —

Схеми.

Малюнок —

Я – якір; ОВ – обмотка збудження.

Асинхронні двигуни змінного струму мають механічну характеристику, позначену на графіку 4.

Напрямок дії моменту статично може бути:

- погодженим напрямку руху привода;
- зустрічним напрямку руху привода.

За цією ознакою розрізняють реактивний статичний момент і активний статичний момент.

Активний статичний момент зберігає постійний напрямок дії.

### **3 основних види механічних характеристик виконавчих механізмів**

Малюнок – Спрощена схема механізму, що має активний статичний момент

Малюнок – Механізм із реактивним статичним моментом

Малюнок – Вентиляторна механічна характеристика

Важливою якістю, яку повинні мати приводи, є стійкість його роботи.

Малюнок –

**Стійкість** – здатність привода після виведення його з режиму, що встановився, під дією різних збурювань, повернутися до цього режиму після зникнення зазначених збурювань. Перетинання кривих, є точкою перетинання стійкої роботи двигуна (Рис. 21).

**Динамічний режим** характеризується рівнянням руху привода, який має вигляд:

$$M_{дв} = M_{ст} + M_{дин}$$

$$M_{дин} = 1_{я} + \varepsilon$$

Для обґрунтування вибору двигуна необхідно знати характер зміни навантаження на його валу, залежність кутової швидкості від часу, яка називається **струмограмою**. Зміна статичного моменту задається навантажувальною діаграмою. (Рис. 22)

Малюнок –

У випадку якщо динамічний момент відіграє істотну роль, вибір двигуна проводиться у два етапи:

І етап: по статичному моменту розраховують потужність двигуна і його вибір.

2 етап: будується навантажувальна діаграма привода в цілому ( з урахуванням моменту) і потім двигун перевіряється по перевантажувальній здатності й нагріванню його частин.

Якщо статичний момент за час роботи привода приймає кілька значень, (мал. 23) то визначається середній  $M_{ст}$

$$M_{ссп} = \frac{\sum_{\eta} M_{ст}}{\sum_{\eta}}$$

Номінальний момент двигуна визначається по формулі:

$$M_H = K_d M_{ст \text{ порівн.}}$$

де  $K_d$  – коефіцієнт динамічності = 1, 1... 1,3.

Малюнок –

### Номінальні режими роботи електродвигунів

Існує всього 8 режимів роботи електродвигунів, з них 3 основних.

Позначення основних режимів роботи електродвигунів: S1, S2, S3, ...

S1 – тривалий номінальний режим роботи електродвигуна – це режим при тривалому постійному навантаженні, при якому температура складових частин електродвигуна досягає встановленого значення.

S2 – короткочасний номінальний режим, при якому періоди навантаження не настільки тривалі, щоб перевищення температури частин електродвигуна могли досягти встановленого значення, а періоди зупинки настільки тривалі, що електродвигун охолоджується до температури навколишнього середовища.

S3 – повторно-короткочасний номінальний режим – це режим, при якому час роботи й час навантаження не настільки тривалі, щоб температура складових частин електродвигуна могла досягти встановлених значень. Цей режим на відміну від інших характеризується такою характеристикою, як *тривалість включень*.

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100\% = \frac{t_p}{t_{\text{ц}}} 100\%$$

де  $t_p$  – час роботи;

$t_n$  – час паузи;

$t_{\text{ц}}$  – час циклу.

Малюнок –

Встановлені значення тривалості включення для електропривода –

25%; 40%; 60%.

S4 – повторно-короткочасний режим із частими пусками.

S5 – повторно-короткочасний режим з електричним гальмуванням.

S6 – режим, при якому під час пауз двигун не відключається, а працює вхолосту.

S7 – режим із частими реверсами.

S8 – режим із двома й більше, швидкостями.

### Роботизовані технологічні комплекси (РТК)

Головна ідея роботизованих технологічних комплексів полягає в тому, щоб використовувати промислових роботів з певним технологічним устаткуванням, що виконують задані технологічні операції, й працюючих автономно.

РТК – сукупність одиниць технологічного устаткування промислового робота й допоміжного устаткування, що автономно функціонують, та здійснюючих багаторазові цикли. Якщо кількість технологічного устаткування й промислових роботів більше 1, то такий комплекс називають **роботизованою технологічною ділянкою**, у якій технологічне устаткування й промислові роботи з'єднані транспортними засобами й управляються єдиною системою управління.

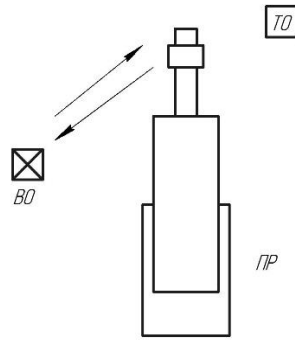
До складу РТК входять:

- технологічне устаткування;
- промисловий робот;
- допоміжне устаткування.

РТК бувають:

- однопозиційні;
- багатопозиційні;
- групові.

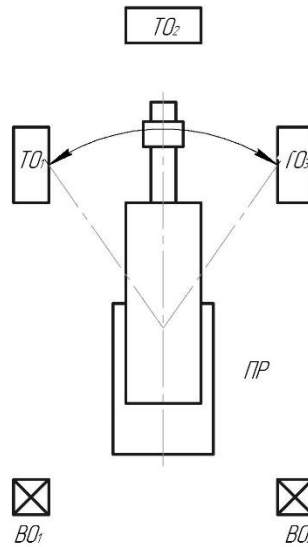
Однопозиційний РТК (Рис. 25) працює в такий спосіб: заготовка, попередньо орієнтована в просторі, захоплюється робочим органом промислового робота й подається в робочу зону технологічного устаткування. Після виконання робочої технологічної операції оброблена деталь переноситься в допоміжне устаткування.



*ПР – промышленный робот;  
 ТО – технологическое оборудование;  
 ВО – вспомогательное оборудование.*

*Рисунок – Однопозиционный РТК (роботизированный технологический комплекс)*

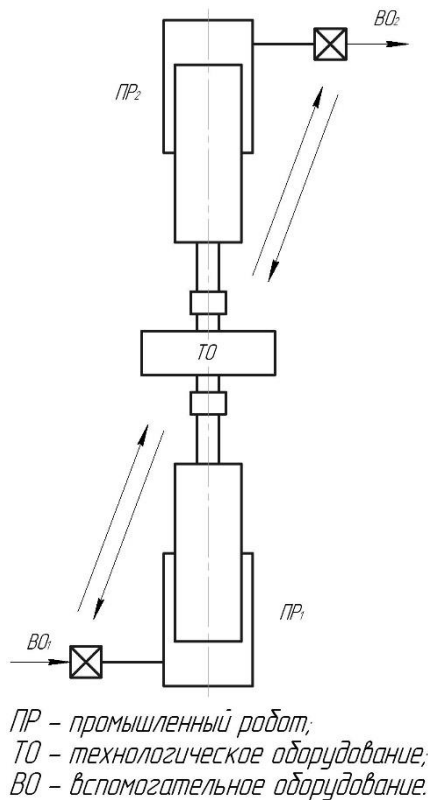
### Малюнок – Однопозиційний РТК



*ПР – промышленный робот;  
 ТО – технологическое оборудование;  
 ВО – вспомогательное оборудование.*

*Рисунок – Групповой РТК*

### Малюнок – Групповий РТК



*Рисунок – Многопозиционный РТК*

### Малюнок – Багатопозиційні РТК

Допоміжне устаткування призначене:

- 1 – для нагромадження певної кількості орієнтованих у просторі заготовок на початковій позиції комплексу.
- 2 – для поштучної видачі заготовки в певну точку простору.
- 3 – транспортування заготовок і виробів між послідовно розташованим устаткуванням усередині комплексу зі збереженням орієнтації в просторі.
- 4 – переорієнтації заготовок, якщо це потрібно.
- 5 – зберігання межопераційного задела й задела між комплексами.

У якості **накопичувальних пристроїв** у РТК можуть застосовуватися: лотки, конвеєри різного типу, кругові накопичувальні пристрої, тупикові накопичувачі, роликові конвеєри й багатомісна тара.

### Роботизовані технологічні комплекси в ковальсько-пресовому виробництві

РТК у ковальсько-пресовому виробництві створюють для автоматизації наступних операцій:

- холодне листове штампування;
- гаряче й холодне об'ємне штампування;
- кування;
- штампування виробів із пластмас і порошків.

При створенні РТК у листо-штампувальному виробництві, промислові роботи повинні виконувати допоміжні й транспортні операції по переносу заготовки із пристрою, що подає, у робочу зону преса й видалення відштампованого виробу в прийомний пристрій або в наступний прес. Вихідними заготовками для листо-штампувального виробництва можуть бути плоскі й об'ємні штучні заготовки, що мають правильну геометричну форму.

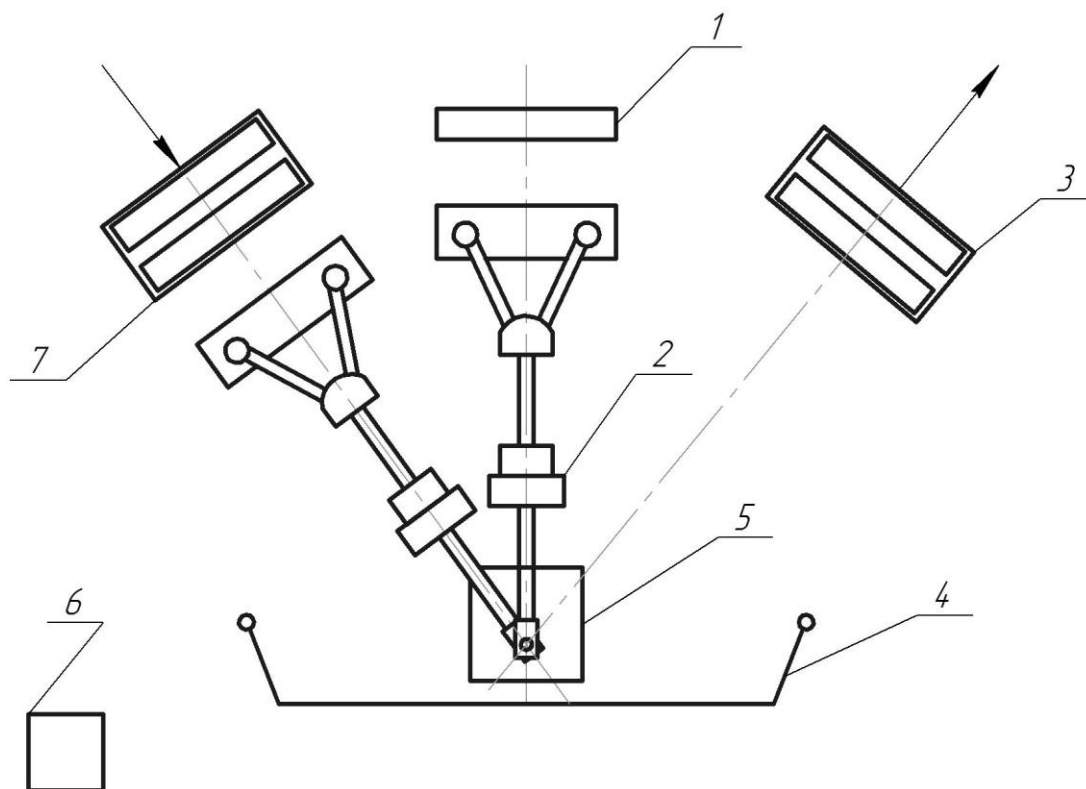
Процес об'ємного штампування містить у собі наступні операції:

1. Одержання вихідної заготовки;
2. Нагрівання її до температури кування;
3. Штампування;
4. Відділення відходів від пакування;
5. Очищення її поверхні й, якщо потрібно, калібрування.

### **Складові частини й вимоги до РТК у ковальсько-пресовому виробництві**

1. Можливість управління роботою пресів, промислових роботів і допоміжним устаткуванням за допомогою систем програмного управління.
2. Можливість переналагодження на штампування різних виробів, причому, бажано, щоб тривалість переналагодження була не більше 60 – 90 хв.
3. Знежирення перед завантаженням на вихідну позицію листів заготовок з немагнітного матеріалу щоб уникнути їх злипання.
4. Мінімум задирок заготовок, щоб уникнути їх зчеплення.
5. Скривлення заготовок із площини не повинне перевищувати 2% від довжини й ширини заготовки.

Промисловий робот повинен мати можливість швидкої заміни захватного пристрою при переході на штампування нових виробів.



Малюнок – Типове компонування РТК ковальсько-пресового виробництва

До складу РТК входять:

- 1 – прес, що виконує технологічні операції;
- 2 – захватний пристрій пневматичного або електричного типу;
- 3 – прийомна тара з візком;
- 4 – огороження, що виключає можливість проникнення в небезпечну зону преса;
- 5 – дворукий промисловий робот із цифровим програмним управлінням, що завантажує заготовку в штамп й знімає відштампований напівфабрикат;
- 6 – пристрій програмного управління;
- 7 – магнітний пристрій, що видає плоскі заготовки на вихідну позицію.

### **РТК в механообробці**

Відмінні риси процесів механічної обробки з погляду роботизації:

- 1. Відносно великий час обробки виробів.
- 2. Відсутність високої температури нагрівання заготовки.

3. Досить висока точність форми заготовки й особливо виробу.

Деталі, призначені для обробки в системі верстат-робот, повинні мати наступні параметри:

1. Однорідні за формою й розташуванню поверхонь для базування й захвата.
2. Чітко виражені бази й ознаки орієнтації.
3. Можливість уніфікувати процеси обробки й типи устаткування.

### РТК у складальному виробництві

Основні положення, які характеризують складальне виробництво:

1. **Деталлю** називається частина виробу, виконана з однорідного матеріалу, що і є первинною ланкою складання.

2. **Вузол** – частина виробу, яка являє собою деяку кількість деталей, виконаних будь-яким способом.

Розрізняють конструкторські й складальні елементи виробів.

Конструкторські елементи визначаються функціональним призначенням їх у машині незалежно від порядку виконання складання.

Складальні елементи являють собою вузли й деталі машини, які можуть бути зібрані окремо й незалежно від інших елементів виробу.

З'єднання можна розділити на 4 типи:

1. Нерухливі розбірні.
2. Нерухливі нерозбірні.
3. Рухливі розбірні.
4. Рухливі нерозбірні.

**Розбірні з'єднання** – такі з'єднання, які можуть бути розібрані без особливих складнощів і ушкоджень сполучених і кріпильних деталей і елементів.

**Нерозбірні з'єднання** – з'єднання, розбирання яких не передбачається, а тому складне й може супроводжуватися ушкодженнями.

Структура технологічного складання: із зазором; різьбові; пресові; інші (клепка, склеювання, розвальцьовування і т.д.).

З'єднання із зазором займають у структурі 30-35 %; різьбові – 30-40%; пресові – 10-15%; інші – 10-20%.

З погляду роботизації складального виробництва можна виділити 3 основні функціональні форми складання:

- 1 – стаціонарна;
- 2 – рухлива;
- 3 – транспортна.

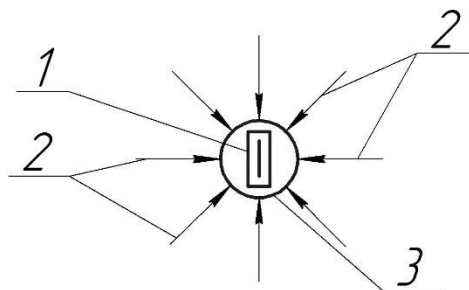
**Стаціонарна** – виконується на одному складальному пості, до якого подаються всі необхідні деталі й матеріали. У такий спосіб збирають: літаки, важкі машини (турбіни), верстати.

**Рухлива** – виконується при переміщенні від одного складального поста до іншого, на кожному з яких виконуються ті самі повторювані складальні операції (складання автомобілів на конвеєрі).

**Транспортна** – замість існуючих традиційних складань на конвеєрі, створюються окремі пости зварювання й складання, а вироби, що збираються, переміщуються між ними по програмі за допомогою спеціальних транспортних засобів.

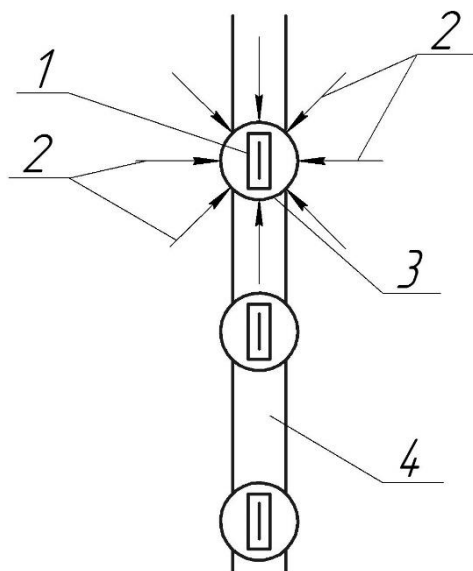
**Робоча** – транспортне многопостове складання, має високу мобільність.

### Схеми основних організаційних форм складання



- 1 – виріб, що збирається;
- 2 – деталі й вузли, матеріали;
- 3 – зона складання.

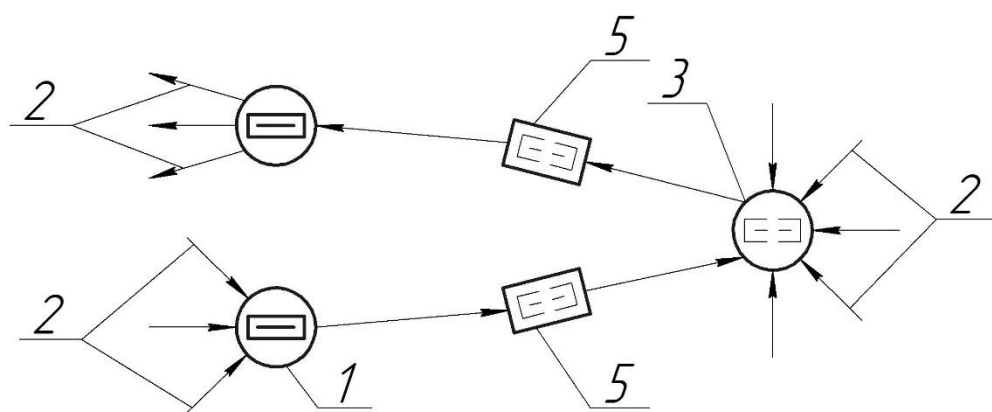
Малюнок – Стаціонарне складання



1-3 – див.попереднє

4 – конвеєр.

Малюнок – Рухливе складання



1-3 – див.попереднє

5 –робочара

Малюнок – Транспортне складання

### Роботехнічні комплекси у зварювальному виробництві

**Критерії, які визначають доцільність використання в роботехнічних комплексах**

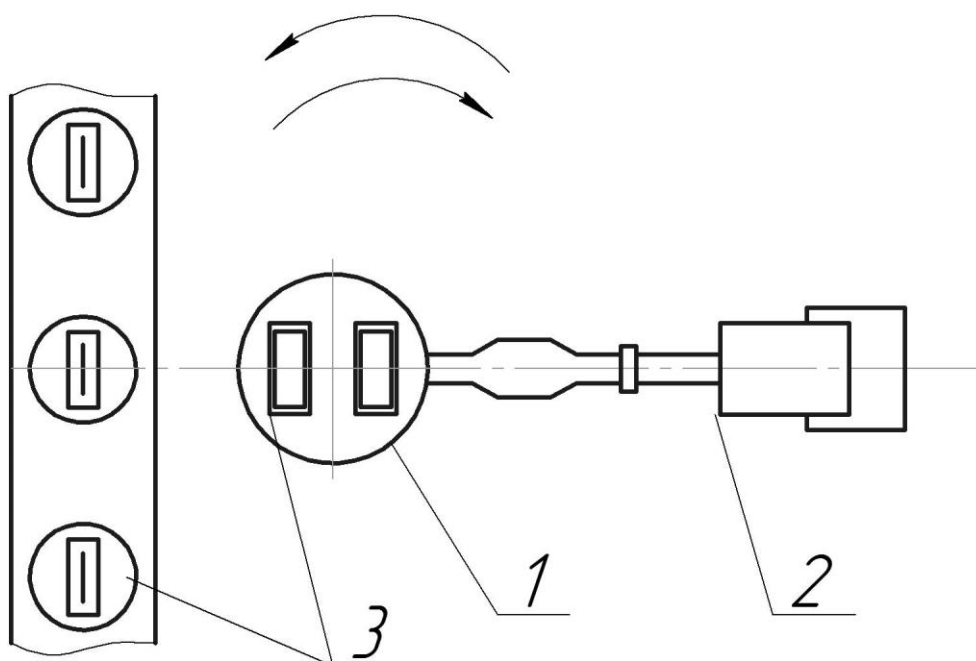
1. Ступінь поширеності даного виду й способу зварювання.
2. Нemoжливiсть перебування людини в зоні зварювання.
3. Наявність шкідливої радіації, токсичних виділень і високої температури.
4. Техніко-економічна ефективність автоматизації.
5. Динамічні характеристики: швидкість, точність, переміщувана маса.

Застосування промислових роботів доцільно для автоматизації: контактного й точкового, дугового, дугового-точкового й електронно-променевого зварювання.

Для виготовлення кузова сучасного автомобіля потрібно зварити 5-12 тис. точок. Конвеєри застосовуються пульсуючі, причому виріб повинен бути точно зафіксований в кожній позиції спеціальним пристроєм (позиціонером). У кожній позиції встановлено 2 робота: ліворуч і праворуч, а іноді зверху й знизу.

### Дугове зварювання плавленням

Розроблено кілька комплексів. Найпростіший РТК складається з: одного робота й спеціалізованого зварювального пристосування. Найбільш перспективне застосування **поворотних столів** різного типу, які дозволяють максимально використовувати час роботи.



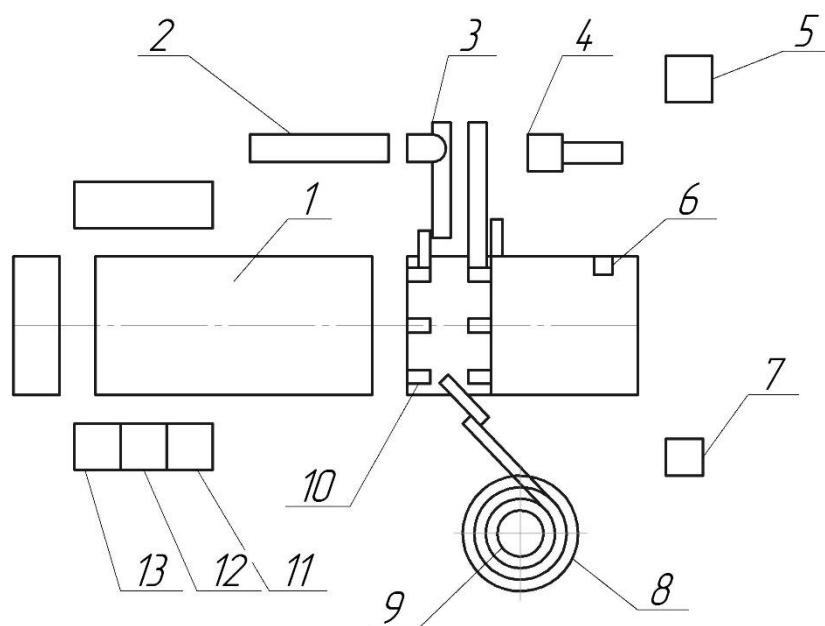
- 1 – поворотный стол;  
 2 – сварочное приспособление;  
 3 – изделие.

## Малюнок – Схема комплексу

**Робототехнічні комплекси в ливарному виробництві**

Вимоги до заливальних маніпуляторів і промислових роботів пред'являються:

1. Доза металу, що заливається, не повинна залежати від рівня металу в плавильній печі;
2. Рідкий метал повинен заливатися в заливальне вікно без застосування довгих жолобів.
3. Механізми маніпулятора повинні бути захищені від бризок розплавленого металу.



- 1 – машина для лиття під тиском;
- 2 – бак охолодження;
- 3 – маніпулятор;
- 4 – прес для обрубання;
- 5 – насосно-акумуляторна установка;
- 6 – механізм обдува й змащення прес-форм;
- 8 – електропіч;
- 9 – маніпулятор для заливання металу;
- 10 – прес-форми;

Малюнок – Типове компонування автоматичної лінії для лиття під тиском

### **Автоматичні роботизовані лінії**

Їх можна розділити на 3 групи:

1. Лінію, що складається з пульсуючого конвеєра й послідовно розташованих навколо неї промислових роботів, кожен з яких виконує свою технологічну операцію.

Особливість такої схеми полягає в тому, що виріб не знімається з конвеєра.

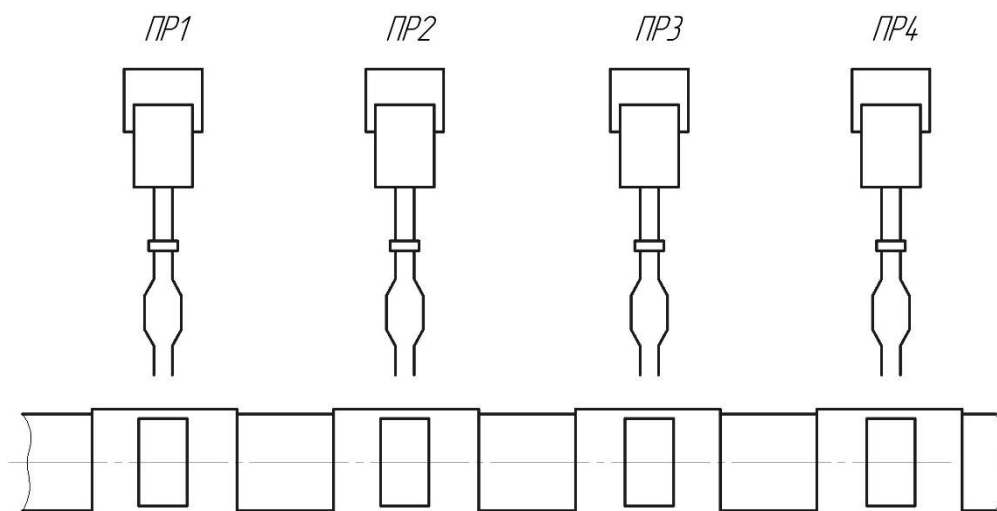
Така схема застосовується при контактному точковому зварюванні кузовів автомобіля.

2. Лінію, що складається з пульсуючого конвеєра й послідовно розташованих промислових роботів і технологічного устаткування. При цій схемі виріб знімається з конвеєра промисловим роботом і переноситься на технологічне устаткування. Така схема застосовується в металообробці.

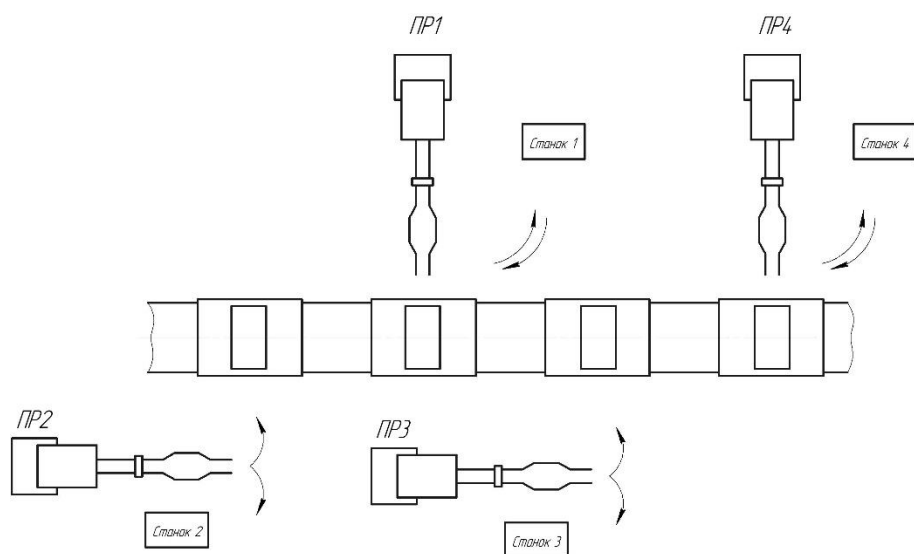
3. Лінію, що не має конвеєра, яка складається з послідовно розташованих промислових роботів і технологічного устаткування.

Така схема близька до схеми роботизованого технологічного комплексу й може застосовуватися в різних областях машинобудування. За умови, якщо досить точна установка виробу, а конвеєр не відповідає цим вимогам, то застосовується спеціальне позиціонування.

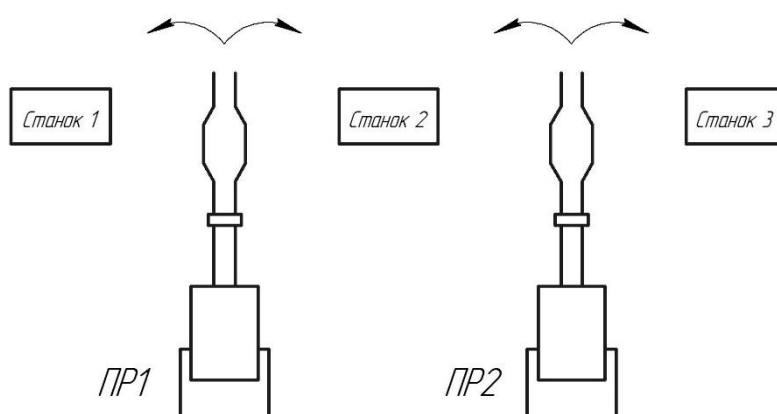
Принцип роботи позиціонера полягає в тому, що виріб знімається й піднімається над конвеєром у спеціальному пристосуванні, яке підтримує виріб на базових поверхнях і забезпечує орієнтацію з високим ступенем точності.



Малюнок – Позиціонер без знімання виробу



Малюнок – Позиціонер зі зніманням виробу з конвеєра



### **Надійність промислових роботів і роботизованих технологічних комплексів**

**Надійність** – це властивість зберігати у встановлених межах, значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати рухові й керуючі функції із заданою точністю позиціонування.

Надійність характеризується 4-ма параметрами:

- 1 – безвідмовність;
- 2 – ремонтпридатність;
- 3 – зберігаємість;
- 4 – довговічність.

**Безвідмовність** – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатний стан протягом якогось часу або деякого наробітку.

Безвідмовність пов'язана із двома станами:

- працездатність;
- непрацездатність.

Подія, яка полягає в переході від безвідмовного працездатного стану до непрацездатного, називається **відмовою**.

Відмови діляться на два типи:

- 1 – відмови виду функціонування, що припиняє;
- 2 – відмови виду неправильного функціонування.

Відмови виду функціонування, що припиняє, вважаються явними, якщо вони відбулися на інтервалі роботи й, схованими, якщо відбулися на інтервалі паузи.

По швидкості прояву відмови підрозділяються на раптові й поступові.

Ремонтпридатність визначається як властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження й виявлення причин виникнення відмов і ушкоджень, а також відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування й ремонту.

**Ремонт** – комплекс заходів і операцій по відновленню справного стану й працездатності промислових роботів.

Час відновлення працездатності включає три стани:

$$T_v = T_{об} + T_{рьом} + T_{пров},$$

де  $T_{об}$  – час виявлення несправностей;

$T_{рьом}$  – час ремонту;

$T_{пров}$  – час перевірки.

### Технічне обслуговування промислових роботів

**Технічне обслуговування** – комплекс операцій по підтримці працездатності або справності промислових роботів при використанні по призначенню, очікуванні, зберіганні й транспортуванні.

**Довговічність** промислових роботів визначається моральним зношуванням і повинна бути не менше 6-ти років.

З **надійністю** безпосередньо пов'язана якість роботи робота – безпека.

Причини підвищення небезпеки можуть бути виділені в три групи:

1. Помилки обслуговуючого й оперативного персоналу.
2. Конструкторські недоробки.
3. Відмови промислових роботів.

### Методи підвищення надійності промислових роботів і роботизованих промислових комплексів

Відомі наступні методи:

1. Використання більш надійних комплектуючих;
2. Поліпшення умов функціонування;
3. Введення різних видів резервування;
4. Використання технічної діагностики;
5. Проведення технічного обслуговування.

### Використання технічної діагностики

У процесі складання повинні контролюватися параметри:

- дисбаланс;
- відхилення розміщення елементів;
- перекоси;
- неспіввісності й биття.

У процесі експлуатації контролюються такі параметри:

- енергетичні втрати;
- характеристики пружності;
- власні вібрації.

Ефективний спосіб діагностування полягає в аналізі змін контрольованих параметрів у механічній, електричній частинах і в системі змащення. Відхилення параметрів повинне становити 1...3% за 7000 годин роботи.

Для механічної частини дефекти вузлів можуть бути виявлені за допомогою еталонних осцилограмм крутних моментів.

### **Використання робіт на промислових підприємствах**

Розглянемо конкретні завдання, які роботи вирішують у цей час на промислових підприємствах. Їх можна розділити на три основні категорії:

- маніпуляції заготовками й виробами;
- обробка за допомогою різних інструментів;
- складання.

#### **Маніпуляції виробами й заготовками**

При розвантажно-завантажувальних і транспортних операціях робіт заміняє пару людських рук. У його обов'язки не входять особливо складні процедури. Він усього лише багаторазово повторює ту саму операцію відповідно до закладеної в ньому (роботові) програми. Розглянемо типові застосування таких робіт.

##### ***1) Завантажувально-розвантажувальні роботи***

У багатьох галузях машинобудівної промисловості використовуються установки для лиття, різання й кування. У більшості випадків послідовність виконуваних ними операцій досить проста. Спочатку заготовки завантажують у

виробничу установку, яка потім обробляє їх суворо певним чином, і, нарешті, готові деталі витягають із неї. Завантаження й розвантаження, як правило, виконують робітники або в тих випадках, коли застосовані засоби жорсткої автоматизації, спеціалізовані механізми, розраховані на операції тільки одного виду. Роботи можуть тут виявитися корисними, якщо характер таких завантажувально-розвантажувальних операцій час від часу міняється.

Наприклад, у ливарному виробництві роботи використовуються як для дозованого розливання розплавленого алюмінію, так і для добування із прес-форми затверділих виливків і охолодження їх. Такий підхід має дві переваги, насамперед роботи гарантують більш суворе дотримання вимог технологічного процесу: діючи відповідно до заданої програми, вони завжди вводять в установку точно дозовану кількість металу. Потім в суворо певні моменти часу вони витягають із неї відформовані деталі. Завдяки точному дотриманню технологічного процесу суворо дотримуються й характеристики виробів.

Друга перевага даного підходу полягає в тому, що значно полегшує робота оператора. Добування розпеченого шматка металу із прес-форми одна з малопривабливих робіт, і бажано, щоб її виконував робот. У такий спосіб роль людини зводиться до контролю над протіканням процесу й керуванню діями робота за допомогою комп'ютера.

## ***2) Перенос виробів з однієї виробничої установки на іншу***

У багатьох галузях машинобудівної промисловості завантажувально-розвантажувальні механізми призначені для переміщення виробів з однієї виробничої ділянки на іншу. І при виконанні таких переміщень роботи відіграють досить важливу роль.

На заводі фірми IBM у Пікіпсі (шт. Нью-Йорк), що випускає комп'ютери, роботи завантажують магнітні диски в систему, де на них записується необхідна інформація. Програма, що управляє роботом, містить інструкції щодо того, у яку із чотирьох установок для запису слід завантажувати той або інший «порожній» диск. Крім того, програма задає конкретний набір команд, який відповідна установка повинна занести на диск. Той же робот здійснює й два інших етапи цього технологічного процесу. Він витягає диск із записуючої установки й поміщає його в пристрій, який струменем стисненого повітря притискає до поверхні диска самоклеюку мітку. Потім робот виймає диск за допомогою захватного пристосування й упаковує його в конверт.

Подібний робот розроблений і впроваджений на англійському автомобілебудівному заводі. Він пересувається на гусеницях між п'ятьма виробничими ділянками заводу. Робот витягає пластмасову деталь автомобіля з установки для інжекторного пресування й послідовно переносить деталь на доводочні ділянки, де з неї знімаються обломи й задирки. Далі робот поміщає деталь

на спеціалізований верстат, який полірує її. І нарешті деталь переміщається з полірувального верстата на конвеєр.

### ***3) Упакування***

Практично всі побутові й промислові товари необхідно упаковувати, і для роботів не представляє складності піднімати готові вироби й поміщати в яку-небудь тару.

На заводах однієї з кондитерських фірм Англії спеціалізовані роботи займаються укладанням цукерок у коробки. Ці машини досить складні й досконалі. По-перше вони поводяться із продукцією дуже акуратно: стиснувши шоколадний виріб, вони можуть порушити його форму або роздавити його. По-друге, робот дотримується високої точності при укладанні цукерок у коробки, поміщаючи їх у певні гнізда коробки.

### ***4) Навантаження важких предметів на конвеєр або палети***

Крім упакування мініатюрних виробів, а також промислових і побутових товарів, роботи іноді виконують і навантаження важких предметів. По суті вони тут заміняють підйомно-транспортні машини, керовані оператором-людиною.

## **Обробка деталей і заготовок**

Хоча роботи, що виконують обробку виробів за допомогою різних інструментів і знайшли поки менш широке застосування, ніж аналогічне вуаткування для транспортування деталей і заготовок, вони продемонстрували свою ефективність при розв'язуванні багатьох завдань.

### ***1) Зварювання***

Ця операція найчастіше виконується за допомогою роботів, призначених для маніпулювання інструментом. Роботи можуть здійснювати два види зварювання: точкову контактну й дугову. В обох випадках робот утримує зварювальний пістолет, який пропускає струм через дві металеві деталі, що з'єднуються.

Відповідно до керуючої програми зварювальний пістолет може переміщатися практично не відхиляючись від заданої траєкторії. І якщо програма налагоджена добре, зварювальний пістолет прокладає шов з дуже високою точністю.

Більшість роботів для точкового зварювання застосовується в автомобільній промисловості. При складанні автомобіля необхідно виконати величезну кількість операцій точкового зварювання, щоб належним чином з'єднати між собою різні

деталі кузова, наприклад боковини, дах і капот. На сучасних конвеєрах ці деталі спочатку з'єднуються тимчасово декількома прихваточними звареними з'єднаннями. Далі кузов переміщається по конвеєр повз групу роботів, кожний з яких здійснює зварювання в суворо певних місцях. Оскільки всі кузови, що монтуються на одній виробничій лінії, для одержання високоякісних з'єднань просто потрібно, щоб робот щораз повторював задану послідовність переміщень.

При очевидних перевагах такого використання роботів існує ряд і серйозних технічних проблем. Запрограмувати робот досить непросто. Необхідно не тільки задати точний маршрут руху маніпулятора, але й підготувати інструкції, відповідно до яких регулюється напруга й сила струму в кожній точці маршруту. А ці параметри можуть мінятися, наприклад, залежно від товщини матеріалу, що зварюється, або від того, яку форму має шов, що прокладається, – пряму або криволінійну.

Також необхідно сконструювати фіксатори, що утримують деталі в процесі зварювання таким чином, щоб зварювання здійснювалося при високій точності позиціонування. Коли зварювальний пістолет тримає людина, він здатний урахувати незначні зсуви заготовки. Зварник-Людина лише злегка змістить інструмент для того, щоб виконати шов у заданому місці. Робот же не здатний приймати подібні рішення, якщо фіксатори допускають перекис або зсув, то існує ймовірність того, що зварені шви будуть розташовані з відхиленням. Крім того, фіксатор повинен бути таким, щоб маніпулятор мав доступ до деталі з різних сторін.

Наступна проблема стосується допусків на деталі, що виготовляються. Зварник-людина бере до уваги неминучі відхилення в розмірах, але роботіві подібна корекція не під силу. Таким чином, коли зварювання здійснюється за допомогою автоматики, допуски на деталі, що виготовляються на інших ділянках підприємства, повинні бути мінімальними.

Характер впливу, який роботи виявляють на інші етапи виробничого процесу (досить імовірно, що він приведе до тісної прив'язки всіх технологічних операцій), називається «принципом доміно» у робототехніці.

## ***2) Обробка різанням***

### ***2.1) Свердління***

Як правило операцію свердління здійснюють на верстаті. При використанні робота в його захватному пристрої закріплюється робочий інструмент, який переміщається над поверхнею оброблюваної деталі, висвердлюючи отвори в потрібних місцях. Перевага подібної процедури проявляється в тих випадках, коли доводиться працювати з великогабаритними й масивними деталями або робити велику кількість отворів.

Операції свердління відіграють значну роль у виробництві літаків: вони передують клепці, при якій в отвори вставляються мініатюрні затискні деталі, що скріплюють між собою два листи металу. У деталях літаків необхідно проробляти сотні, а то й тисячі отворів під заклепки, і цілком природно, що таку операцію доручили роботіві.

Англійська компанія виготовляє деталі механізму бомбоскидання, призначеного для винищувача «Торнадо». Механізм являє собою циліндричну конструкцію довжиною приблизно 6 м, до якої потрібно приклепати кожух з восьми металевих панелей. У кожусі необхідно просвердлити близько 3000 отворів під заклепки. Проблема полягала в тому, як добитися, щоб робот, оснащений високошвидкісною свердлильною головкою, проробляв отвори точно в заданих місцях.

Інженери дійшли висновку, що дану проблему можна розв'язати в такий спосіб: робітник просвердлює ряд еталонних отворів (приблизно через метр один від одного) уздовж панелей, які розміщуються належним чином поверх циліндричної конструкції. Маніпулятор із закріпленим у його затискачі сенсорним зондом (а не свердлом) переміщається над поверхнею заготовки, посилаючи на пам'ять робота дані про місцезнаходження еталонних отворів. Потім робот розраховує точні координати інших отворів, виходячи із цих базових точок. Потім робот, завершивши операцію свердління, видаляє малюсінькі частки металу, що залишилися в отворах, спеціальним інструментом.

## ***2.2) Безконтактна обробка заготовок***

Через малу жорсткість і недостатню твердість, роботи не можуть проводити обробку твердих матеріалів різанням. Тому інженери вивчають безконтактні методи обробки матеріалів, подібних металу або пластику. Для цієї мети, зокрема, використовується лазер. У робочому органі робота закріплений прилад, який направляє високо-енергетичне когерентне випромінювання лазера (для чого нерідко використовується волокно-оптична система передачі) на оброблювану заготовку. Лазер може з високою точністю різати пластини з металу, зокрема сталі. Робот переміщає робочий орган над оброблюваним листовим матеріалом по траєкторії, обумовленій програмою. Програмою ж регулюється інтенсивність світлового променя відповідно до товщини матеріала, що нарізається.

Інший безконтактний метод різання заснований на використанні струменя рідини.

Такий підхід уперше застосувала компанія «Дженералмоторс». На її заводі в Адріану встановлена система з 10 роботами, що виготовляє пластмасові деталі нафтоналивних цистерн. Вісім з десяти роботів направляють водяні струмені під високим тиском на переміщувані конвеєром пластмасові листи. Ці струмені прорізають у вихідному матеріалі ряд отворів і щілин, а також видаляють зайві

елементи пластмасових пресованих деталей. За твердженням представників компанії «Дженералмоторс», подібна роботизирована система досить економічна, оскільки виключає зношування інструмента й дозволяє підвищити якість операцій різання. Оскільки система управляється програмою, яка перебуває в пам'яті центрального комп'ютера, для контролю й обслуговування всіх 10 роботів потрібно тільки два оператори.

### ***3) Нанесення різних складів на поверхню***

На більшості підприємств після таких операцій, як різання, проводиться обробка поверхні тільки-що виготовлених деталей (найчастіше фарбування). Це ще один тип виробничих операцій, які здатний виконувати робот, якщо його оснастити пульверизатором. На пам'ять робота закладається програма, що забезпечує виконання певної, багаторазово повторюваної послідовності переміщень. Одночасно програма регулює швидкість розбризкування фарби. У результаті на поверхні деталі, що фарбується, утворюється рівномірне покриття, причому нерідко робот забезпечує більш високу якість фарбування, ніж людина, якій властива неточність рухів. Серед інших процедур обробки поверхні можна відзначити напилювання антикорозійних рідин на листи металу для захисту їх від хімічного або фізичного впливу навколишнього середовища, а також нанесення клейових складів на поверхню деталей підметів з'єднанню. Автомобілебудівні компанії досліджували можливість застосування останньої операції на етапі остаточного «припасування» готових вузлів, зокрема при монтажі таких елементів, як хромові вкладиші на кузові автомобіля. При виконанні подібних операцій робот поміщають в оболонку, яка захищає його від влучення клею й інших зв'язувальних речовин. Його також можна «навчити» тому, щоб він час від часу самостійно очищався, занурюючи захватний пристрій в рідину, що очищає.

### ***4) Чистова обробка***

Самою «непопулярною» операцією в механообробці, яка до того ж кladніше піддається автоматизації, є, мабуть, видалення задирок, сторонніх часток і зачищення.

Така чистова обробка — досить непроста процедура. Робітник підносить оброблювану деталь до абразивного інструмента, який сточує гострі краї й шорсткості на поверхні виробу. Дана процедура займає важливе місце в технологічному процесі, однак виконувати її вручну досить непросто.

Можливості використання роботів для остаточної обробки виробів досліджувалися в багатьох країнах. Основні труднощі тут полягає в тому, що роботи не мають природню для людини здатність контролювати якість своєї роботи, робот не може міняти послідовність своїх дій, якщо він не оснащений відповідними датчиками. Англійська фірма, що спеціалізується на виготовленні з'єднувальних

елементів водопровідних труб, здійснила проект, який дозволив оснастити робот найпростішою системою машинного «зору» у вигляді телевізійної камери. Припустимо, робот тримає якусь деталь, наприклад латунний водопровідний кран; телекамера передає зображення крана в комп'ютер, який у свою чергу регулює притискання шліфувального ремня, що сточує нерівності на поверхні цієї литої деталі. Крім того, комп'ютер управляє переміщенням маніпулятора робота. Таким чином, дії всіх компонентів системи – телекамери, основного маніпулятора, що регулює притискання шліфувального ремня, – взаємно скоординовані.

### ***5) Випробування й контроль***

Після того як виготовлена деталь, або змонтовано кілька вузлів, звичайно проводиться їхнє випробування з метою виявлення можливих дефектів. Ретельному контролю зазнають лінійні розміри деталей. Усі вимірювальні операції є частиною повсякденних завдань, розв'язуваних на всіх підприємствах світу. Роботи здатні полегшити їхнє виконання. Для цієї мети роботи оснащуються мініатюрними оптичними датчиками; як правило, це світлодіоди, об'єднані з напівпровідниковими світлочутливими приладами. Опромінюючи поверхню, що перевіряється, променем певної частоти, подібний датчик приймає відбите від поверхні випромінювання, що має ту ж частоту. Робот, відповідно до закладеної в ньому програми, переміщає датчик від однієї точки контрольованого виробу до іншої. За результатами виміру інтервалу часу між моментом випускнення світлового імпульсу і його приймання після відбиття розраховується форма поверхні, що перевіряється. Усі ці дії виконує комп'ютер даної автоматизованої системи.

Операції подібного роду дозволяють уникнути використання таких інструментів, як мікрометри й штангенциркулі. Подібні робототехнічні засоби вперше використовувала компанія «Дженералмоторс» для контролю форми й розмірів автомобільних деталей. При використанні такої роботизованої системи відпадає необхідність у відправленні виробів на спеціальні пункти контролю якості – відповідні процедури можна здійснювати безпосередньо на конвеєрі, не перериваючи виробничого процесу.

### **Складання**

Великий обсяг робіт на сучасних підприємствах припадає на складальні операції, однак багато з них вимагають особливої майстерності й занадто складні для машини. У зв'язку із цим значна частина складання дотепер виконується вручну. Проте, ряд складальних процесів уже автоматизований; це відноситься головним чином до відносно простих і багаторазово повторюваних операцій.

На прикладі фірми IBM можна простежити, як проходили експерименти по застосуванню роботів у складальних процесах. Ця найбільша фірма по виробництву комп'ютерів, не тільки продає роботи, призначені для складання, але й використовує їх на власних підприємствах у багатьох країнах. На заводі цієї компанії в Гриноке (Шотландія) займаються створенням «острівців автоматизації» – комплексів, що містять велику кількість комп'ютеризованих механізмів, якими виконують складання виробів при мінімальній участі людини. По оцінці фахівців фірми IBM, у результаті автоматизації щорічний обсяг продукції підприємства виріс в 10 разів у порівнянні з 1974 роком, тоді як число працюючих на ньому залишилося практично незмінним.

Один з таких «острівців» являє собою виробничу лінію, на якій виготовляються логічні блоки із силовими каскадами. Лінія включає процесори й джерела живлення для дисплеїв, що входять до складу мікрокомп'ютерів. На лінії проводиться складання чотирьох компонентів: двох частин пластмасового корпусу пристрою, блоку електричних кіл і пластмасової плати зі змонтованим на ній набором мікросхем.

Для монтажу кожного блоку потрібно всього два гвинти, які подаються в робочі органи роботів спеціальними механізмами – живильниками. Роботи самі вводять гвинти у відповідні отвори виробу. Для керування всією виробничою лінією досить п'яти людей. За даними фірми IBM, для виготовлення такої ж кількості пристроїв традиційними методами ручного складання треба було б учетверо більше робітників.

Проявляється тенденція до створення зв'язків у рамках підприємства, між системами автоматичного складання подібних виробів, описаного вище. Наприклад, за допомогою автоматичних транспортних засобів, які переміщують вироби, що перебувають на тих або інших стадіях готовності.

### ***2.1) Монтаж друкованих плат***

Ще одна галузь виробництва, де роботи-збирачі могли б знайти широке застосування – монтаж електронних компонентів на друкованих платах. Деякі з таких операцій можуть виконувати спеціалізовані складальні комплекси, однак по суті, вони являють собою маніпулятори, розраховані на розв'язання строго певних завдань; їх не можна запрограмувати таким чином, щоб вони виконували якісь інші операції або маніпулювали нестандартними компонентами. Тому при використанні подібних установок, призначених для вузько спеціалізованого монтажу, комплекти компонентів стандартної форми завантажуються в накопичувальні ринви багатокоміркових магазинів, схожих на патронташ. Ці магазини переміщуються повз механічний захват, який по черзі витягає звідти компоненти й встановлює їх у потрібні місця на платі.

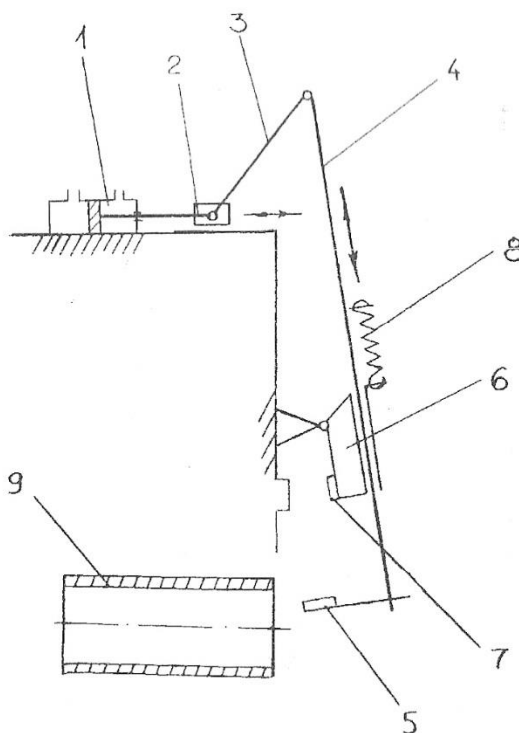
## Промислові маніпулятори

### Маніпулятор для видалення шлаків із внутрішньої поверхні труб

Призначений для видалення шлаків із внутрішньої поверхні труб після обрізки кінців і задирок після механічної обробки торця (Рис. 37).

Кінематична схема включає: 1 – пневмоциліндр; 2 – повзун; 3 – сергу; 4 – тягу; 5 – різець; 6 – напрямну; 7 – упор; 8 – пружину.

Напрямна повертається навколо своєї осі до упору в станину верстата, займає вертикальне положення, а різець входить в отвір обертової труби – 9 і розташовується паралельно її внутрішньої поверхні. При подальшому переміщенні повзуна, серга продовжує діяти на тягу, переміщаючи її нагору до зіткнення різця із внутрішньою поверхнею труби. Пружина – 8 при цьому розтягується.



Малюнок – маніпулятор для видалення шлаків із внутрішніх поверхонь труб

### Маніпулятор для фарбування виробу

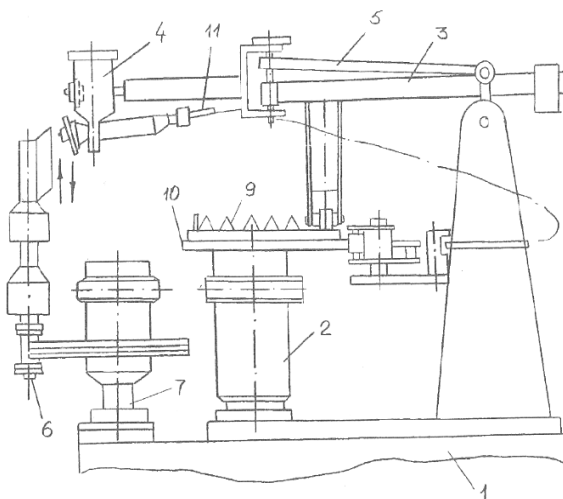
Призначений для нанесення лакофарбових покриттів на виріб, що поступально рухається, типу втулок діаметром до 130 мм і довжиною до 110 мм (Рис.).

Складається зі станини (1), кулачкового привода (2), важеля (3), пневмофарборозпилювача (4) і системи важелів (5).

Ланцюг конвеєра (6), що рухається, через блок зірочок (7) і ланцюгову передачу (8) обертає кулачковий привід, який має торцеві (9) і периферійні (10) кулачки.

Торцеві кулачки піднімають і опускають важіль із встановленим на його кінці пневмофарборозпилювачем. Включення фарборозпилювача здійснюється периферійними кулачками за допомогою тросика (11).

Технічна характеристика: число ступенів свободи – 2; вертикальне переміщення – 82 мм; горизонтальне переміщення – 24 мм; маса – 260 кг.



Малюнок – Маніпулятор для фарбування виробів

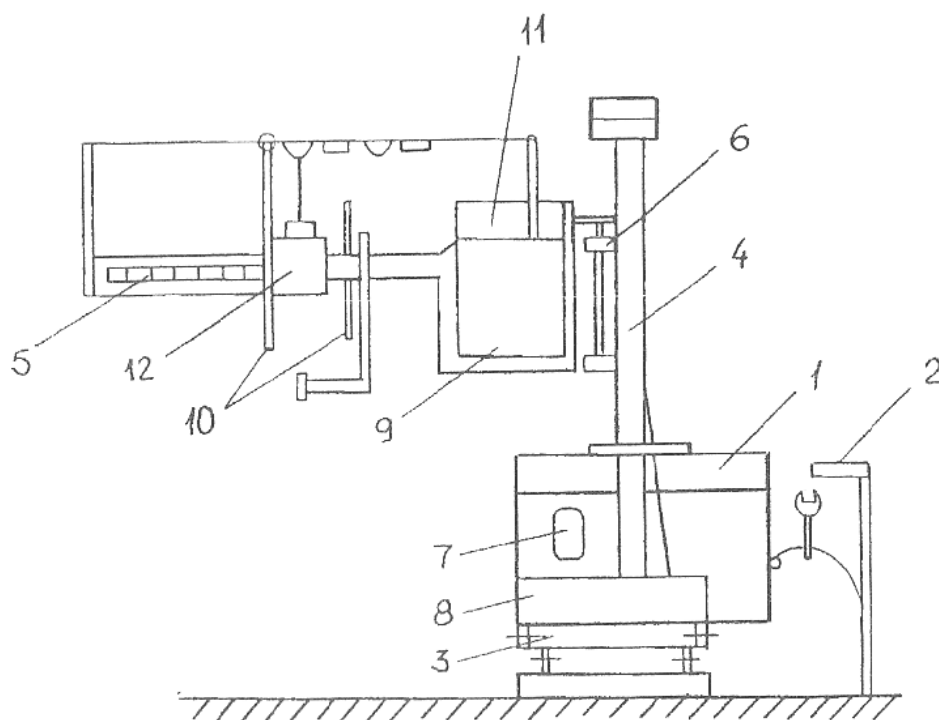
### Маніпулятор для газокисневого різання лома

Складається з газорізальної машини (1) і газового устаткування (2). Газорізальна машина встановлюється на рейковій колії й обслуговує зону різання довжиною 20 м (Рис. 39).

Тип газорізальної машини – МГР-1, складається з візка (3), на якому розміщується стійка (4) з поворотною стрілою (5) і кареткою (6), кабіни керування (7), приводу підйому стріли (8). На стрілі розміщена каретка (9), на якій встановлюються два різакі (10). Привід переміщення каретки й привід повороту стріли (11).

Різання металу здійснюється переміщенням каретки з різакми. Різання великогабаритного лома висотою до 3-х метрів виконується підйомом або опусканням стріли. Відстань між металом і різакм не залежить від конфігурації лома, підтримується постійним за допомогою спеціальної системи керування.

Технічна характеристика: товщина лома до 1200 мм; швидкість переміщення різакм від 1 до 200 м/годину; хід каретки різакм 6500 мм; швидкість підйому стріли від 1 до 53 м/годину; кут повороту стріли 135°; швидкість переміщення машини 10 м/хв; число ступенів рухливості – 6; маса – 16000 кг; витрата кисню – 280 м<sup>3</sup>/годину; витрата газу 40 м<sup>3</sup>/годину.



Малюнок – Маніпулятор газокисневого різання великогабаритного лома

### Маніпулятор для заміни фурм

Призначений для заміни фурм і фурмених холодильників доменних печей (Рис.40). Складається з візка (1), який горизонтально переміщається до фурми й

хитного пневмоударного механізму (2), що має зворотно-поступальний рух наконечників.

За допомогою наконечника в штанзі (3) відбувається зачіп фурми, а пневмоударний механізм здійснює зрив фурми з місця.

Технічна характеристика: зусилля на гаку – 500 кН; число ступенів рухливості – 2; робочий орган – штанга з наконечником; спосіб управління – ручний.

### **Маніпулятор для набивної футеровки**

Призначений для ремонту й виготовлення футеровки стін сталерозливних ковшів вогнетривкими масами (Рис.41). Складається з порталу (1) з механізмом переміщення, на верхніх балках якого розташована платформа. На раму платформи встановлений опорно-поворотний пристрій, через який за допомогою привода передається обертання на піскомет (2). Піскомет з'єднаний зі штангою (3), яка переміщається у вертикальному напрямку за допомогою механізму підйому. Управління здійснюється в напівавтоматичному режимі.

Технічна характеристика: число ступенів рухливості – 4; число захватів – 1; тип привода – електромеханічний; лінійне переміщення – по осях:  $Y = 18000$  мм;  $Z = 5760$  мм; кутове переміщення –  $360^\circ$ .

### **Маніпулятор для шиберного затвора**

Призначений для установки й демонтажу затвора на ковші (Рис.42).

Складається: корпус (1); колона (2); консоль поворотна (3), механізм настроювання (4); гідроциліндр підйому-опускання (5) і допоміжні пристосування.

Консоль повороту має можливість обертатися навколо колони в підшипниковій опорі, а усередині консолі вбудований механізм настроювання, який являє собою візок на котках з поворотною платформою. Механізм настроювання може переміщатися уздовж консолі на величину  $\pm 50$  мм.

Технічна характеристика: число ступенів рухливості – 4; число захватів – 1; привід – гідравлічний; переміщення по координатах:  $X = 100$  мм;  $Z = 520$  мм; кут  $\Psi = 360^\circ$ ; кут  $\Psi' = 360^\circ$ .

### **Маніпулятор для упакування обручної сталі**

Призначений для упакування бунтів обручної сталі після порізки її на агрегаті поздовжнього різання (Рис.43).

Складається з рухливої платформи з кареткою (1), яка переміщається під дією гідроциліндра (2). По каретці за допомогою гідроциліндра переміщається повзун (3) подачі й відводу головки зі зварювальними електродами. Для оброблення бунтів під барабаном оправлення встановлений складальний ділильний ролик (4), що переміщається вертикально в напрямній (5) пневмоциліндром. При намотуванні збільшується діаметр бунтів, переміщаючи ролик нагору. Після закінчення змотування, барабан моталки повертається на кут, щоб хвости бунтів підійшли до бічного ділильного ролика (6), який необхідний для зменшення не схоплених довжин смуг. Упакування проводиться контактним зварюванням за допомогою головки (7) з електродом.

Малюнок – Маніпулятор для заміни фурм

Малюнок – Маніпулятор для набивання футеровки

Малюнок – Маніпулятор для шиберного затвора

Малюнок – Маніпулятор для упакування обручної сталі

Технічна характеристика: тах діаметр рулону – 950 мм; число ступенів свободи – 1; система координат – прямокутна; тип привода – гідромеханічний; спосіб управління – робоче й механічне; робочий орган – головка зі зварювальним електродом.

**Маніпулятор для подачі листів у стан**

Призначений для механізації поштучної подачі листів у стан з пачки на стрічковий транспортер, розташований перед робочими валками стану (Рис.44).

Складається з хитної рами (1), траверси (2) з 3-ма присосками й електроклапанами; привода хитання рами із пневмоциліндром.

Принцип дії: електромостовим краном пачку листів укладають на візок і подають до підйомного столу. З вихідного положення хитна рама повертається убік транспортера (4) і присосок (5) із притиснутим верхнім листом, який укладається на транспортер. Впуск повітря в порожнину присоска здійснюється командою

кінцевого вимикача. Лист відривається від присосків і по транспортеру подається до валянь стану.

Технічна характеристика: тягове зусилля – 4,7 кН; зусилля, що штовхає, – 5,3 кН; число ступенів свободи – 2; діаметр поршня – 150 мм; хід поршня – 800 мм; спосіб управління – автоматичний ручний.

### **Маніпулятор для подачі виробів у зону обробки верстата автомата**

Маніпулятор працює в складі автомата по обрізці й закачуванню кришок діаметром 180-420 мм і призначений для переміщення плоских виробів з позицій завантаження в зону обробки й з зони обробки – на позицію завантаження (Рис.45).

Маніпулятор представляє собою шарнірно-важільний механізм, що складається з рухливих лінійок (1) із встановленими на них захватами (2), що приводяться в рух за допомогою важелів і пневмоциліндра (3) і (4).

Принцип роботи: заготовка з магазину (5) за допомогою пневмоциліндра (6) з вакуумним захватом піднімається й, після відповідної команди, скидається на завантажувальну позицію. Потім лінійки із заготовкою переміщуються на певний крок за допомогою важелів і циліндра (3) у зону оброблювання заготовки, притискається притисочною тарілкою циліндра (4) до шпинделя (7), де піддається обробці. Одночасно з підйомом заготовки циліндром (4) через важелі розсовуються рухливі лінійки. У цей час циліндр опускає вакуумний захват у магазин і піднімає його разом із заготовкою. Рухливі лінійки повертаються у вихідне положення циліндром (3).

Технічна характеристика: кількість захватів – 3; вантажопідйомність одного захвата – 1 кг; число ступенів рухливості – 1; тип привода – пневматичний; вид управління – автоматичний; розміри переміщуваного вантажу – 430x20; маса маніпулятора – 112 кг.

Малюнок – Маніпулятор для подачі листів у стан

Малюнок – Маніпулятор для подачі виробів у зону обробки верстата автомата

**Список використаних джерел:**

1. Пристрій промислових роботів/ ЮревичЕ.І., Аветиков Б.Г., Корытко О.Б. і ін. – Л: Машинобудування. 1980.
2. Системи керування промисловими роботами й маніпуляторами/ Юревич Е.І., Андрианов Ю.Д., Новаченко С.І. і ін. – Л: Видавництво БРЕШУ. 1980.
3. Беянин П.Н. Промислові роботи і їх застосування. М: Машинобудування. 1983.
4. Орлів В.І. Промислові роботи й маніпулятори – М: Машинобудування. 1984.
5. Попів Е.П. Манипуляционные роботи – М: Наука. 1978.
6. Промислові роботи/ Костюк В.І. – К.: Вища школа. 1985.
7. Промислова робототехніка/ Під ред. Я.А.Шифрина. - М. 1982.
8. Ковальов Ф.І. Проектування механізмів промислових роботів.
9. КобринскийА.А.Манипуляторные системи роботів – М. 1989.
10. Петров Б.А. Маніпулятори – Л. 1984.
11. Дж. Ф. Янг. Робототехніка – Л: Машинобудування. 1979.
12. ДЕРЖСТАНДАРТ 25685-83, ДЕРЖСТАНДАРТ 25686-89. Роботи промислові. Терміни й визначення. Класифікація.